

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192999** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.03.25

(51) Int. Cl. *A61B 5/06* (2006.01)
A61B 34/20 (2016.01)

(22) Дата подачи заявки
2020.05.04

**(54) ХИРУРГИЧЕСКИЙ НАБОР ДЛЯ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ
ПОЗВОНОЧНИКА**

(31) 62/842,025; 62/844,922; 62/888,631;
62/915,197

(32) 2019.05.02; 2019.05.08; 2019.08.19;
2019.10.15

(33) US

(86) PCT/EP2020/062349

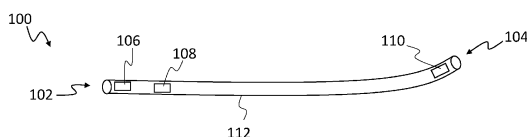
(87) WO 2020/221940 2020.11.05

(71) Заявитель:
**ИНТЕРСЕКТ ИЭнТи
ИНТЕРНЭШНЛ ГМБХ (DE)**

(72) Изобретатель:
**Норман Николас (US), Хедерманн
Роберт, Бергфельд Мальте, Муха
Дирк, Дезингер Кай (DE)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение относится к хирургическому набору для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике. Хирургический набор содержит систему определения положения, предназначенную для определения положения и ориентации локализаторов по принятым сигналам датчиков в системе координат системы определения положения. Хирургический набор содержит также держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и каждый локализатор предназначен для формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора. Кроме того, хирургический набор содержит множество медицинских инструментов, имеющих просвет, в котором можно расположить с возможностью извлечения держатель датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения.



A1

202192999

202192999

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-571739EA/032

ХИРУРГИЧЕСКИЙ НАБОР ДЛЯ МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ ПОЗВОНОЧНИКА

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Изобретение относится к хирургическому набору для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике. Изобретение относится также к способу для удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела. Изобретение дополнительно относится к способу сращивания по меньшей мере двух позвонков.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Как известно, для помощи хирургу, при использовании медицинского инструмента в процессе хирургической операции отслеживается положение медицинского инструмента внутри тела пациента, и это положение медицинского инструмента отображается в виде, например, томограмм модели пациента на мониторе.

С данной целью применяют хирургические навигационные системы, обычно содержащие систему определения положения, монитор и один или более локализаторов. Система определения положения может быть, например, оптической системой определения положения, ультразвуковой системой определения положения или электромагнитной системой определения положения. Система определения положения, в общем, предназначена для определения положения и ориентации локализаторов. Локализаторы могут закрепляться на медицинском инструменте, чтобы предоставлять возможность слежения за медицинским инструментом посредством системы определения положения.

Например, известны электромагнитные системы определения положения, содержащие генератор возбуждения поля для создания переменного электромагнитного поля. Медицинский инструмент, предназначенный для применения с электромагнитной системой определения положения, оборудуется локализатором, который обычно содержит одну или более сенсорных катушек.

Под действием переменного электромагнитного поля, в сенсорных катушках локализатора наводится напряжение, которое зависит от положения и ориентации соответствующей сенсорной катушки в переменном электромагнитном поле. С помощью системы определения положения, сигнал датчика, представляющий наведенное напряжение, можно снимать с сенсорных катушек и анализировать для определения положения и ориентации локализатора. Обычно, положение и ориентация локализатора медицинского инструмента определяют относительно положения и ориентации базового локализатора, иногда называемого локализатором пациента, который может также содержать сенсорные катушки, и который остается зафиксированным относительно пациента.

Для вычисления положения и ориентации медицинского инструмента,

оборудованного локализатором, относительно системы определения положения, часто требуется калибровать положение оконечности медицинского инструмента относительно положения локализатора. Для этого обычно применяют калибровочное устройство, которое имеет известные положение и ориентацию относительно системы определения положения. Например, калибровочное устройство также может быть оборудовано локализатором, положение и ориентация которого могут определяться системой определения положения. Калибровкой можно определить функцию преобразования, иногда называемую калибровочной матрицей, представляющую существующую в пространстве взаимосвязь между положением и ориентацией локализатора медицинского инструмента и оконечностью медицинского инструмента. Полученную функцию преобразования можно использовать во время операции с навигацией для отображения положения оконечности медицинского инструмента на томограмме модели пациента на мониторе.

Для отображения положения медицинского инструмента на томограмме модели пациента на мониторе навигационной системы, обычно, дополнительно требуется совмещать модель пациента с пациентом. Модель пациента часто является топографическим изображением, которое формируется по двух-, трех- или четырехмерным изображениям пациента, получаемым до операции методом томографии, например, компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) или рентгеноскопии на аппарате типа С-дуги. Совмещение означает получение пространственной корреляции между положением и ориентацией пациента в реальном пространстве (иногда также называемом пространством пациента) и моделью пациента, первоначально задаваемой в координатах в системе координат соответствующего двух-, трех- или четырехмерного изображения, использованного для создания модели пациента.

После калибровки медицинского инструмента и совмещения модели пациента, положение медицинского инструмента можно отображать на томограмме модели пациента для визуальной поддержки хирурга при проведении медицинского инструмента.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Целью изобретения является создание усовершенствованного хирургического набора для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике. Целью изобретения является также создание усовершенствованного способа лечения грыжи межпозвонкового диска. Дополнительной целью изобретения является создание усовершенствованного способа спондилодеза позвонков.

В соответствии с изобретением предлагается хирургический набор для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике, при этом хирургический набор содержит систему определения положения, держатель датчиков и множество медицинских инструментов, которые отличаются друг от друга, и каждый из которых имеет просвет, в котором можно расположить с возможностью извлечения держатель датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения.

Держатель датчиков хирургического набора выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента множества медицинских инструментов. Держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, положение и ориентация которых могут определяться системой определения положения. Локализаторы держателя датчиков выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора. Медицинский инструмент, оборудованный держателем датчиков, может быть подключен к системе определения положения. С помощью держателя датчиков, расположенного в просвете медицинского инструмента, положение и ориентация локализаторов держателя датчиков могут определяться системой определения положения по сформированным сигналам датчиков. По найденным положению и ориентации локализаторов держателя датчиков, системой определения положения могут быть вычислены положение и ориентация медицинского инструмента.

В предпочтительном варианте первый из локализаторов держателя датчиков располагается на дистальном конце держателя датчиков или по меньшей мере вблизи него, т.е. на расстоянии не более 5 мм от дистального конца держателя датчиков. Вторым из локализаторов располагается на расстоянии от первого из локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков.

В предпочтительном варианте по меньшей мере два локализатора располагаются в пределах дистальной концевой области держателя датчиков, при этом дистальная концевая область продолжается от дистального конца держателя датчиков вплоть до проксимального конца такого локализатора из по меньшей мере двух локализаторов, который располагается ближе к проксимальному концу держателя датчиков. Иначе говоря, дистальная концевая область предпочтительно содержит такую секцию держателя датчиков, которая продолжается между дистальным концом держателя датчиков и проксимальным концом такого локализатора из по меньшей мере двух локализаторов, который располагается ближе к проксимальному концу.

В предпочтительном варианте по меньшей мере первый локализатор и второй локализатор держателя датчиков, выполнены, каждый, с возможностью действия как датчик с 5 степенями свободы (5-DOF датчик). В предпочтительном варианте, а также в сочетании по меньшей мере два локализатора выполнены с возможностью действия как 5-DOF датчики. 5-DOF датчик можно реализовать с использованием одной или более сенсорных катушек.

Положение и ориентация локализаторов, содержащих одну или более сенсорных катушек, могут определяться электромагнитной системой определения положения, содержащей генератор возбуждения поля для создания переменного электромагнитного поля. Если локализатор содержит одну или более сенсорных катушек, на которые действует переменное электромагнитное поле, то сигнал датчика может быть снят с каждой из сенсорных катушек, при этом сигнал датчика представляет положение и ориентацию соответствующей сенсорной катушки в электромагнитном поле. Снятый

сигнал датчика может быть передан по проводному соединению или беспроводному соединению в систему определения положения.

Система определения положения хирургического набора выполнена с возможностью определения положения и ориентации локализаторов по принятым сигналам датчиков в системе координат системы определения положения. В предпочтительном варианте, система определения положения хирургического набора является электромагнитной системой определения положения, содержащей генератор возбуждения поля для создания переменного электромагнитного поля и дополнительно содержащей блок обработки сигналов для обработки сигналов датчиков. Положение и ориентация по меньшей мере двух локализаторов, содержащих, каждый одну или более сенсорных катушек, могут определяться в переменном электромагнитном поле по снятым сигналам датчиков, представляющим собой напряжения, наведенные в сенсорных катушках электромагнитным полем. Блок обработки сигналов системы определения положения обычно содержит аналого-цифровой преобразователь и цифровой процессор сигналов.

Для подключения медицинского инструмента к электромагнитной системе определения положения по меньшей мере один из локализаторов держателя датчиков предпочтительно содержит по меньшей мере одну сенсорную катушку. С одной сенсорной катушкой могут определяться только пять степеней свободы. Шестую степень, а именно, поворот вокруг продольной оси сенсорной катушки, определить нельзя. Возможна реализация 6-DOF датчика, в котором локализатор держателя датчиков содержит по меньшей мере две сенсорные катушки, которые располагаются под углом, например, ортогонально, друг к другу. Возможна реализация 6-DOF датчика, в котором держатель датчиков содержит два локализатора, содержащих, каждый, сенсорную катушку, при этом сенсорные катушки локализаторов располагаются так, что их продольные оси составляют ненулевой угол, предпочтительно, угол 90° .

Держатель датчиков может также содержать по меньшей мере третий локализатор, который выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию третьего локализатора. В предпочтительном варианте, третий локализатор располагается на расстоянии от первого и второго локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков. В предпочтительном варианте третий локализатор располагается на проксимальном конце держателя датчиков или по меньшей мере вблизи него.

По меньшей мере, два локализатора сами по себе или в сочетании с по меньшей мере третьим локализатором можно использовать для определения изгиба. Если держатель датчиков вставлен в просвет жесткого медицинского инструмента и находится в процессе вставки, то изменение ориентации и/или положения локализаторов можно определять в отношении к их положениям друг относительно друга. Найденное изменение можно использовать для определения изгиба, т.е. угла изгиба, в медицинском инструменте. В предпочтительном варианте, если определяется изменение ориентации

и/или положения локализаторов, например, с помощью системы определения положения, то системой определения положения отображается предупредительный сигнал на мониторе.

В частности, если держатель датчиков располагается в просвете медицинского инструмента, который имеет по меньшей мере один угол изгиба по длине его просвета, то угол изгиба медицинского инструмента можно вычислить по обнаруженным положениям и ориентациям трех локализаторов. Найденный угол изгиба часто характеризует конкретный медицинский инструмент и может быть использован для идентификации медицинского инструмента вместе с расположенным держателем датчиков с помощью блока идентификации медицинского инструмента. Например, если держатель датчиков с по меньшей мере тремя локализаторами располагают в просвете эндоскопа, то третий локализатор предпочтительно располагают в изогнутом порте доступа. Угол между портом доступа и остальной частью эндоскопа обычно характеризует сам эндоскоп. По установленному положению и ориентации третьего локализатора и по меньшей мере одного из по меньшей мере двух локализаторов, соответственно, угол изгиба эндоскопа может быть вычислен системой определения положения и/или калибровочным блоком и использован блоком идентификации медицинского инструмента для идентификации эндоскопа.

В случае, когда держатель датчиков содержит третий локализатор, третий локализатор предпочтительно располагается на проксимальном конце держателя датчиков или по меньшей мере вблизи него. В случае держателя датчиков, содержащего третий локализатор, расположенный на или вблизи его проксимального конца, положение и ориентация третьего локализатора предпочтительно используется блоком идентификации медицинского инструмента для идентификации медицинского инструмента и/или системой определения положения для вычисления шести степеней свободы по меньшей мере двух локализаторов, расположенных в пределах дистальной концевой области медицинского инструмента. В случае, когда локализаторы содержат сенсорные катушки, вычисление шестой степени свободы по меньшей мере двух локализаторов, расположенных в пределах дистальной концевой области медицинского инструмента, может обеспечиваться системой определения положения, в частности, когда продольная ось третьего локализатора находится под углом к продольной оси по меньшей мере одного из первого и второго локализаторов.

Для расположения в просветах разных медицинских инструментов хирургического набора, которые используются во время операции с навигацией, расстояние между проксимальным концом и дистальным концом держателя датчиков составляет, предпочтительно, от 10 см до 200 см, в частности, от 15 см до 150 см, предпочтительнее, от 20 см до 100 см. Внешний диаметр держателя датчиков предпочтительно не превышает 3 мм, в частности, не превышает 1,5 мм, предпочтительнее, не превышает 1 мм.

В предпочтительном варианте держатель датчиков содержит гипотрубку, продолжающуюся от дистального конца к проксимальному концу держателя датчиков и

закрывающую по меньшей мере два локализатора держателя датчиков. В предпочтительном варианте гипотрубка, ограждающая по меньшей мере два локализатора, предназначена для придания механической устойчивости держателю датчиков и защиты локализаторов от внешних воздействий.

Подходящими материалами, из которых может быть изготовлена гипотрубка держателя датчиков, являются, например, полиуретан (PUR), полиэтилен, полисилоксановый каучук или полиэфирэфиркетон (PEEK), нитинол, нитиноловый сплав или нержавеющая сталь. Гипотрубка обычно является длинной металлической трубкой, содержащей по ее длине элементы конструкции, созданные микрообработкой, которые должны обеспечивать требуемые механические характеристики гипотрубки. Держатель датчиков с гипотрубкой, изготовленной из одного из приведенных материалов, обеспечивает полезную возможность многократной стерилизации и является биосовместимым.

Держатель датчиков можно использовать для подключения общеизвестных медицинских инструментов, имеющих просвет, например, просвет, который первоначально предусматривался для проволочного направителя, к системе определения положения. Для этого, держатель датчиков вводят в просвет медицинского инструмента. С помощью размещенного держателя датчиков, медицинский инструмент можно подключать к системе определения положения и использовать вместе с ней при операции с навигацией. В частности, во время операции с навигацией, положение медицинского инструмента относительно системы определения положения может вычисляться системой определения положения по найденным положению и ориентации по меньшей мере двух локализаторов. Вычисленное положение медицинского инструмента может отображаться на томограмме модели пациента на мониторе, соединенном с системой определения положения, для помощи хирургу во время проведения медицинского инструмента внутри тела пациента. По окончании операции с навигацией, держатель датчиков можно извлечь из просвета медицинского инструмента, и просвет можно использовать в качестве рабочего канала для других медицинских инструментов хирургического набора, например, дрелей или кусачек.

Хирургический набор может содержать медицинские инструменты, которые обычно имеют просвет, в котором можно располагать держатель датчиков для подключения к системе определения положения медицинского инструмента, например, катетеров, биопсийных игл, игл для доступа и канюлированных инструментов, например, игл Джамшиди, метчиков, хирургических отверток и костных винтов, например, педикулярных винтов, которые можно устанавливать хирургической отверткой. Такие медицинские инструменты, содержащие держатель датчиков, расположенный в соответствующем просвете инструментов, можно автоматически идентифицировать с использованием системы идентификации медицинского инструмента, как описано ниже.

Дополнительные медицинские инструменты, которые могут входить в состав хирургического набора, и которые можно оборудовать держателем датчиков

хирургического набора, являются медицинскими инструментами, которые обычно не имеют просвета, но которые были модернизированы с созданием просвета, или которые с самого начала изготавливают с просветом, пригодным для вставки держателя датчиков. Такой медицинский инструмент может быть, например, скальпелем, хирургической пилой, например, костной пилой, костным напильником, каутером или кусачками.

По меньшей мере, два локализатора, расположенные в дистальной концевой области держателя датчиков, могут быть выполнены с возможностью реализации и/или могут быть обработаны как один датчик или как независимые датчики. В случае держателя датчиков, располагаемого в просвете медицинского инструмента, положение первого локализатора и положение второго локализатора вдоль продольной оси медицинского инструмента может использоваться системой определения положения, чтобы вычислять одну виртуальную продольную ось между двумя локализаторами посредством проведения виртуальной линии, соединяющей два центральных положения локализаторов, для создания сравнительно стабильной и точной виртуальной оси для держателя датчиков и медицинского инструмента. Виртуальная продольная ось медицинского инструмента предпочтительно является осью, которая пересекает положения по меньшей мере двух локализаторов размещенного держателя датчиков. Виртуальная продольная ось медицинского инструмента задается в системе координат системы определения положения на основании положения и/или ориентации локализаторов. Физическая ось инструмента задается координатами в реальном пространстве.

В случае, когда в просвете медицинского инструмента располагается держатель датчиков, полезно то, что виртуальная продольная ось медицинского инструмента может определяться системой определения положения и/или калибровочным блоком на основании положения и/или ориентации по меньшей мере двух локализаторов держателя датчиков.

При использовании положений по меньшей мере двух локализаторов для определения виртуальной продольной оси медицинского инструмента, угловую погрешность, обусловленную, помимо прочего, физической несоосностью держателя датчиков внутри просвета медицинского инструмента, можно уменьшить до менее, чем одного градуса. В качестве преимущества, это позволяет поддерживать стабильную центральную ось, например, во время операции с навигацией, а также когда медицинский инструмент поворачивают.

В общем, для определения виртуальной продольной оси медицинского инструмента не требуется использовать ориентации (но только положение) по меньшей мере двух локализаторов держателя датчиков. Однако, калибровочный блок и/или система определения положения могут быть выполнены с возможностью использования также ориентаций по меньшей мере двух локализаторов, кроме или вместо положения локализаторов, чтобы определять виртуальную продольную ось.

С использованием положения и/или ориентации по меньшей мере двух

локализаторов, системой определения положения и/или калибровочным блоком может определяться взаимное расположение между виртуальной продольной осью медицинского инструмента и физической продольной осью медицинского инструмента. Таким образом, точность совпадения виртуальной продольной оси медицинского инструмента с физической продольной осью медицинского инструмента можно определять и обеспечивать на основании положения и/или ориентации локализаторов, соответственно.

В держателе датчиков по меньшей мере два локализатора предпочтительно располагаются на расстоянии друг от друга, при этом упомянутое расстояние выбирается в зависимости от геометрии конкретных медицинских инструментов хирургического набора. В общем, большее расстояние повышает точность определения виртуальной продольной оси медицинского инструмента. В предпочтительном варианте расстояние между первым локализатором и вторым локализатором держателя датчиков из по меньшей мере двух локализаторов составляет от 25 см до 5 см, в частности, от 20 см до 5 см, предпочтительнее, от 15 см до 5 см, например, 10 см.

Хирургический набор может содержать медицинские инструменты, имеющие просвет, в котором может располагаться держатель датчиков для подключения к системе определения положения медицинского инструмента, например, катетеров, игл для доступа, метчиков, костного сверла, баллонных расширительных устройств, например, таких баллонных расширительных устройств, которые можно использовать для вертебропластики, хирургических отверток и костных винтов, например, педикулярных винтов, которые можно устанавливать с помощью хирургической отвертки.

Медицинские инструменты хирургического набора могут также содержать такие медицинские инструменты, которые обычно не имеют просвета, но которые были модернизированы с созданием просвета, или которые с самого начала изготавливаются с просветом, пригодным для вставки держателя датчиков. Такой медицинский инструмент может быть, например, скальпелем, хирургической пилой, например, костной пилой, костным напильником, каутером, кусачками, распатором замыкательной пластинки, устройством подбора кейджа или устройством замены кейджа.

В качестве преимущества, посредством держателя датчиков, каждый из медицинских инструментов, имеющий просвет, может быть подключен и использован системой определения положения, чтобы определять положение и ориентацию медицинского инструмента относительно пациента. Положение медицинского инструмента, в частности, оконечности медицинского инструмента, может отображаться на мониторе для помощи хирургу при отслеживании медицинского инструмента внутри тела пациента.

В предпочтительном варианте один медицинский инструмент из множества медицинских инструментов, имеющих просвет, является иглой для доступа, имеющей просвет, продолжающийся от дистального конца иглы для доступа до ее проксимального конца. Игла для доступа предпочтительно выполнена с возможностью направления к целевому местоположению в теле пациента. Игла для доступа может быть иглой 18

калибра (18G), иглой 20 калибра (20G) или педикулярной иглой для доступа, например, иглой Джамшиди.

Вместо или в дополнение к игле для доступа, множество медицинских инструментов, имеющих просвет, может содержать по меньшей мере какой-то один из следующих:

- направляющий стержень, имеющий просвет и выполненный с возможностью продвижения по проволочному направителю,
- рабочую трубку, выполненную с возможностью продвижения по меньшей мере по одной расширительной трубке и обеспечения рабочего канала для медицинских инструментов, при этом рабочая трубка на дистальном конце имеет такую форму, что ее можно зафиксировать к кости пациента,
- долото, имеющее просвет, в котором можно расположить эндоскоп, и выполненное с возможностью расположения внутри рабочего канала рабочей трубки, для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе, или
- эндоскоп, имеющий по меньшей мере один рабочий канал эндоскопа для вставки другого медицинского инструмента, причем эндоскоп выполнен с возможностью медицинской визуализации внутри тела пациента.

В предпочтительном варианте, кроме рабочего канала эндоскопа, эндоскоп имеет по меньшей мере один дополнительный просвет, который может, например, быть использован для аспирации и ирригации.

В предпочтительном варианте расширительная трубка имеет эксцентричную форму в поперечном сечении. Для пошагового расширения ткани тела можно также использовать несколько расширительных трубок с увеличивающимися диаметрами.

В предпочтительном варианте, на дистальном конце рабочая трубка имеет зубья для фиксации рабочей трубки к кости пациента.

В предпочтительном варианте эндоскоп является видеоэндоскопом.

Направляющий стержень служит для направления рабочей трубки к целевому местоположению внутри тела пациента.

В просветы каждой(ого) из иглы для доступа, направляющего стержня, рабочей трубки, долота и эндоскопа можно последовательно вставлять держатель датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения. Путем определения положения и ориентации локализаторов держателя датчиков можно вычислять положение оконечности медицинского инструмента посредством системы определения положения и отображать положение оконечности на томограмме пациента на мониторе.

В предпочтительном варианте хирургический набор, содержащий иглу для доступа, направляющий стержень, рабочую трубку, долото и эндоскоп, дополнительно содержит

- медицинский инструмент, выполненный с возможностью расположения внутри рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска

и/или окружающей ткани тела,

- по меньшей мере, одну расширительную трубку, выполненную с возможностью продвижения по направляющему стержню и расширения пути доступа к целевому местоположению, и

- проволочный направитель, выполненный с возможностью вставки в просвет иглы для доступа.

Хирургический набор, содержащий иглу для доступа, проволочный направитель, направляющий стержень по меньшей мере одну расширительную трубку, рабочую трубку, долото, эндоскоп и медицинский инструмент, который выполнен с возможностью расположения внутри рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, особенно подходит для удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела. Медицинские инструменты, выполненные с возможностью расположения внутри рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, содержат кусачки разных размеров, щипцы разных размеров, ножи или биполярные устройства, например, набор кусачек.

В качестве альтернативы или дополнительно, множество медицинских инструментов хирургического набора, имеющих просвет, может также содержать по меньшей мере какой-то один из следующих

- отвертку для ламинарных винтов с ламинарным винтом, причем отвертка имеет просвет, продолжающийся от проксимального конца отвертки до дистального конца ламинарного винта, и отвертка выполнена с возможностью фиксации ламинарного винта в ламине позвонка,

- метчик для нарезания резьбы в отверстии в позвонке для фиксации костного винта, или

- отвертку для педикулярных винтов с педикулярным винтом, причем отвертка имеет просвет, продолжающийся от проксимального конца отвертки до дистального конца педикулярного винта, и отвертка выполнена с возможностью фиксации педикулярного винта в ножке дуги позвонка.

Отвертка для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчик и отвертка для педикулярных винтов с педикулярным винтом имеют, каждая(ый) просвет в котором можно расположить с возможностью извлечения держатель датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения. В частности, положение ламинарного винта, при размещении ламинарного винта, положение педикулярного винта, при размещении педикулярного винта, и положение метчика, при нарезании резьбы в отверстии в позвонке, можно визуализировать на томограммах пациента на мониторе, чтобы помогать хирургу при поиске правильного положения для размещения костного винта или для правильного нарезания резьбы в отверстии с намеченной глубиной в кости.

Хирургический набор, содержащий отвертку для ламинарных винтов с

ламинарным винтом, метчик и отвертку для педикулярных винтов с педикулярным винтом, предпочтительно, дополнительно содержит по меньшей мере что-то одно из нижеперечисленного:

- распатор замыкательной пластинки для подготовки замыкательных пластинок смежных позвонков для постановки позвоночного кейджа,
- устройство подбора позвоночного кейджа, выполненное с возможностью тестирования различных позвоночных кейджей разных размеров и оценки действия тестированного позвоночного кейджа с точки зрения восстановления дискового пространства между смежными позвонками,
- позвоночный кейдж, выполненный с возможностью восстановления дискового пространства между двумя позвонками, при расположении между соответствующими позвонками.

Например, устройство подбора позвоночного кейджа может быть сконфигурировано так, что различные позвоночные кейджи, имеющие, каждый, отличающийся размер, могут быть тестированы с помощью устройства подбора позвоночного кейджа для поддержки хирурга при поиске такого позвоночного кейджа, который подходит для восстановления дискового пространства между смежными позвонками. В предпочтительном варианте устройство подбора позвоночного кейджа сконфигурировано так, что получаемое восстановление дискового пространства при имплантации позвоночного кейджа может предварительно просматриваться хирургом, чтобы найти такой позвоночный кейдж, который имеет наиболее подходящие размеры.

Хирургический набор, содержащий иглу для доступа, отвертку для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчик и отвертку для педикулярных винтов и позвоночный кейдж, особенно подходит для сращивания по меньшей мере двух позвонков. В предпочтительном варианте игла для доступа имеет просвет и выполнена с возможностью проведения к позвонку пациента.

Хирургический набор может содержать систему идентификации медицинского инструмента. Система идентификации медицинского инструмента содержит держатель датчиков, оборудованный по меньшей мере локализаторами, систему определения положения для определения положения и ориентации локализаторов, калибровочное устройство, выполняющее функцию калибровочной базы, калибровочный блок для калибровки медицинского инструмента хирургического набора, оборудованного держателем датчиков, и блок идентификации медицинского инструмента для идентификации медицинского инструмента хирургического набора.

Система определения положения, которая входит в состав хирургического набора, может быть также системой определения положения системы идентификации медицинского инструмента. В частности, держатель датчиков, который входит в состав хирургического набора, может быть держателем датчиков системы идентификации медицинского инструмента. В предпочтительном варианте система определения положения соединена с калибровочным блоком и/или блоком идентификации

медицинского инструмента.

Система идентификации медицинского инструмента является особенно подходящей для идентификации медицинских инструментов хирургического набора, в просветах которых последовательно располагают держатель датчиков.

В предпочтительном варианте для идентификации медицинского инструмента хирургического набора можно использовать держатель датчиков, который имеет длину, которая не превышает длину просвета такого медицинского инструмента хирургического набора, который имеет самый короткий просвет. В данном случае, держатель датчиков можно последовательно располагать в просвете каждого медицинского инструмента на всю его длину. Для каждого из медицинских инструментов хирургического набора, расстояние между оконечностью соответствующего медицинского инструмента и локализаторами держателя датчиков является однозначным и может быть использовано для установления отличия медицинских инструментов от других инструментов хирургического набора. Таким образом, расстояние, вычисленное для одного из медицинских инструментов, можно использовать для идентификации медицинского инструмента.

В отношении хирургического набора, преимущество системы идентификации медицинского инструмента состоит в том, что система идентификации медицинского инструмента облегчает быстрое и удобное переключение между медицинскими инструментами набора. Кроме того, в хирургическом наборе, медицинские инструменты набора могут быть сконструированы с возможностью легкого различения и, следовательно, надежного распознавания.

Для идентификации медицинского инструмента хирургического набора можно также использовать держатель датчиков, который имеет длину, которая превышает просветы по меньшей мере двух из медицинских инструментов хирургического набора. В данном случае, идентификация медицинского инструмента возможна, например, с использованием расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из двух локализаторов и, предпочтительно по меньшей мере чего-то одного из угла изгиба медицинского инструмента или длины той секции держателя датчиков, которая продолжается за проксимальный конец медицинского инструмента. Для использования длины той секции держателя датчиков, которая продолжается за проксимальный конец медицинского инструмента, для идентификации медицинского инструмента, в общем, требуется определить положение и ориентацию проксимального конца медицинского инструмента, а также проксимального конца держателя датчиков, например, с помощью системы определения положения. Для этого, держатель датчиков может содержать локализатор, расположенный на дистальном конце держателя датчиков, и другой локализатор, расположенный на расстоянии от дистального локализатора в направлении проксимального конца держателя датчиков.

В вариантах осуществления, в которых хирургический набор содержит систему идентификации медицинского инструмента, калибровочный блок и/или система

определения положения предпочтительно выполнены с возможностью экстраполяции виртуальной продольной оси медицинского инструмента от дистального конца расположенного держателя датчиков, чтобы тем самым определять положение дистального конца медицинского инструмента в просвете, в котором располагается держатель датчиков. Калибровочный блок может быть выполнен с возможностью калибровки медицинского инструмента с использованием положения дистального конца медицинского инструмента, найденного экстраполяцией. Система определения положения может быть выполнена с возможностью визуализации положения оконечности медицинского инструмента на томограммах на мониторе, с использованием экстраполированного положения медицинского инструмента.

Виртуальная продольная ось медицинского инструмента может также вычисляться системой определения положения и отображаться на томограммах модели пациента на мониторе, чтобы визуализировать положение и ориентацию медицинского инструмента относительно части тела пациента. Система определения положения может иметь соединение с блоком идентификации медицинского инструмента, чтобы получать информацию, какой медицинский инструмент был идентифицирован. Система определения положения может быть выполнена с возможностью автоматического применения настроек для отображения цифрового представления медицинского инструмента на подключенном мониторе для идентифицированного медицинского инструмента.

Отображение виртуальной продольной оси медицинского инструмента относительно части тела пациента может иметь особое значение во время операции с навигацией, например, при наведении медицинского инструмента, например, иглы для доступа, с расположенным держателем датчиков на целевую анатомическую структуру со сравнительно большого расстояния, например, расстояния от 5 см до 15 см.

Система определения положения системы идентификации медицинского инструмента может быть выполнена с возможностью сравнения найденных положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов и определения искажений поля наведения, например, электромагнитного поля, на основании сравнения. Например, искажения электромагнитного поля могут вызываться металлическим объектом, расположенным вблизи сенсорных катушек одного из локализаторов. Вследствие искажений электромагнитного поля, положение и ориентацию соответствующего локализатора невозможно определить точно, что приводит к неточному вычислению положения оконечности медицинского инструмента посредством системы определения положения. Если искажения электромагнитного поля определены, то система определения положения может быть выполнена с возможностью выполнения проверки достоверности для идентификации локализатора, для которого теперь можно надежно определить положение и ориентацию. Например, система определения положения может быть выполнена с возможностью сравнения текущего положения и ориентации локализатора с ранее найденными положением и ориентацией локализатора, для проверки того, можно ли

на данный момент надежно определить положение и ориентацию данного локализатора.

Калибровочное устройство системы идентификации медицинского инструмента имеет такую конфигурацию, что его положение и ориентация в системе координат системы определения положения могут определяться системой определения положения. Например, калибровочное устройство может располагаться в положении, координата которого известна в системе координат системы определения положения. Возможно также, чтобы калибровочное устройство было аналогично оборудовано по меньшей мере одним локализатором, который выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию локализатора.

Калибровочное устройство может содержать разные калибровочные области, которые предпочтительно предназначены для калибровки разных медицинских инструментов, например, приспособлены к геометрическим параметрам медицинского инструмента. Разные калибровочные области могут быть обозначены визуальными указателями на калибровочном устройстве. Калибровочный блок может быть выполнен с возможностью определения, которая из разных калибровочных областей приведена в контакт с оконечностью медицинского инструмента. Блок идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью идентификации медицинского инструмента, исходя из того, которая из разных калибровочных областей была приведена в контакт с оконечностью медицинского инструмента.

В качестве преимущества, при наличии разных калибровочных областей на калибровочном устройстве, которые предпочтительно обозначены визуальными указателями на калибровочном устройстве, автоматическое различение двух медицинских инструментов возможно также в случае, когда два соответствующих медицинских инструмента имеют одинаковую рабочую длину.

Калибровочный блок может быть выполнен с возможностью вычисления погрешности центрирования и/или погрешности позиционирования, и/или угловой погрешности и компенсации вычисленной погрешности центрирования и/или погрешности позиционирования, и/или угловой погрешности, при вычислении расстояния между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов.

Калибровочное устройство может быть дополнено и, следовательно, связано со специальной процедурой и/или последовательностью хирургических операций в программном обеспечении системы идентификации медицинского инструмента, что допускает автоматическую идентификацию инструмента по этапам процедуры. Если калибровочное устройство связано с конкретной последовательностью операций программного обеспечения, то медицинский инструмент можно откалибровать по калибровочному устройству для идентификации медицинского инструмента и для отображения соответствующего визуального представления и/или последовательности операций.

Привязка калибровочного устройства к конкретной процедуре и/или хирургической последовательности операций в программном обеспечении может быть

реализована для создания возможности автоматического различения между двумя медицинскими инструментами, которые имеют одинаковую рабочую длину. Программно-реализованный алгоритм, реализующий идентификацию медицинского инструмента, может быть настроен на распознавание возможных медицинских инструментов по результатам калибровочной процедуры и предложения медицинского инструмента, который используется на текущем этапе последовательности операций.

В предпочтительном варианте алгоритм настроен на визуализацию всех идентифицированных медицинских инструментов, которые следуют из калибровочной процедуры, и выделяет такой медицинский инструмент, который предлагается в соответствии с предварительно заданной последовательностью операций для подтверждения пользователем. Пользователь может выбрать данный медицинский инструмент, но также любой другой медицинский инструмент в случае, если пользователь не применял последовательность операций.

В наиболее предпочтительном варианте алгоритм настроен на отображение предложенного медицинского инструмента и других возможных инструментов для выбора пользователем в течение, например, 3 секунд, 5 секунд или 10 секунд, вместе с предпочтительным одновременным отображением остающегося времени, например, в форме обратного отсчета. Алгоритм может быть настроен на автоматический выбор предложенного медицинского инструмента, если пользователь не делает никакого выбора.

Калибровочный блок системы идентификации медицинского инструмента выполнен с возможностью калибровки медицинского инструмента с держателем датчиков, расположенным в его просвете. Калибровка медицинского инструмента с держателем датчиков содержит вычисление расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из двух локализаторов на основании положения и ориентации калибровочного устройства и положения и ориентации по меньшей мере одного из двух локализаторов, найденных системой определения положения. Например, для калибровки медицинского инструмента с держателем датчиков, расположенным в просвете медицинского инструмента, оконечность медицинского инструмента можно привести в контакт с калибровочным устройством.

Калибровочный блок может быть выполнен с возможностью автоматического определения, находится ли или нет оконечность медицинского инструмента в контакте с калибровочным устройством, посредством определения, пересекает ли виртуальная продольная ось, заданная положениями по меньшей мере двух локализаторов, известное положение калибровочного устройства в течение предварительно заданного периода времени, и/или остается ли расстояние между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из локализаторов постоянным в течение предварительно заданного периода времени.

Калибровочный блок может быть выполнен с возможностью начала автоматической калибровки медицинского инструмента, когда обнаруживается, что

оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством. В частности, когда имеет место контакт, может определяться расстояние, которое имеется между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов и соответствует расстоянию между оконечностью медицинского инструмента и соответствующим одним из по меньшей мере двух локализаторов.

Посредством калибровки, калибровочным блоком может быть определена функция преобразования, при этом функция преобразования представляет существующую в пространстве взаимосвязь между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере двумя локализаторами.

Блок идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента выполнен с возможностью определения длины просвета медицинского инструмента, исходя из по меньшей мере вычисленного расстояния, и использования найденной длины просвета для идентификации медицинского инструмента. В частности, блок идентификации медицинского инструмента соединен с калибровочным блоком для получения вычисленного расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере по меньшей мере, двумя локализаторами.

Изобретение содержит понимание того, что длина просвета медицинского инструмента обычно характеризует сам медицинский инструмент. Следовательно, медицинский инструмент можно идентифицировать по длине его просвета.

Изобретение содержит дополнительно понимание того, что длина просвета медицинского инструмента может быть автоматически получена при калибровке медицинского инструмента с держателем датчиков, расположенным в просвете медицинского инструмента. Следовательно, длину просвета медицинского инструмента можно автоматически определять при посредстве держателя датчиков и использовать для идентификации медицинского инструмента.

Автоматическое получение длины просвета медицинского инструмента может обеспечиваться системой идентификации медицинского инструмента потому, что калибровочным блоком вычисляется расстояние между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из двух локализаторов, и потому, что вычисленное расстояние используется блоком идентификации медицинского инструмента для определения длины просвета медицинского инструмента. Блок идентификации медицинского инструмента предназначен для автоматической идентификации медицинского инструмента на основании найденной длины просвета.

В результате, калиброванный медицинский инструмент с расположенным держателем датчиков может быть автоматически идентифицирован блоком идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента на основании длины просвета медицинского инструмента.

Информацию об идентифицированном медицинском инструменте можно использовать, например, для адаптации способа отображения или визуализации медицинского инструмента на мониторе. Например, чтобы визуализировать на мониторе

цифровое представление того медицинского инструмента, который был идентифицирован блоком идентификации медицинского инструмента, т.е. представление медицинского инструмента в виде 2D или 3D изображений может быть особенно точным для идентифицированного медицинского инструмента.

Информацию об идентифицированном медицинском инструменте можно также использовать для автоматической адаптации последовательности операций в программном обеспечении в соответствии с порядком использования идентифицированного медицинского инструмента в ходе операции с навигацией.

Информацию об идентифицированном медицинском инструменте можно также использовать для автоматической адаптации изображений на мониторе для инструмента, который используется. Например, если во время операции с навигацией идентифицируется эндоскоп, то программное обеспечение может автоматически переключиться на отображение видеоизображения из эндоскопа, параллельно с навигационными изображениями. Идентификация медицинского инструмента может быть также связана с заданной последовательностью операций процедуры программного обеспечения, при этом сочетание идентификации медицинского инструмента и последовательности операций программного обеспечения может направлять хирурга в ходе операции с навигацией.

Медицинские инструменты хирургического набора, которые могут быть идентифицированы системой идентификации медицинского инструмента, могут содержать медицинские инструменты, которые обычно имеют просвет, в котором можно располагать держатель датчиков для рабочего подключения медицинского инструмента к системе определения положения. Такие медицинские инструменты, которые обычно имеют просвет, являются, например, катетерами, иглами для доступа, метчиками, отвертками и костными винтами, например, педикулярными винтами, которые могут устанавливаться отверткой.

Дополнительные медицинские инструменты хирургического набора, которые можно оборудовать держателем датчиков, являются такими медицинскими инструментами, которые обычно не имеют просвета, но которые были модернизированы с созданием просвета, или которые с самого начала изготавливают с просветом, пригодным для вставки держателя датчиков. Такой медицинский инструмент может быть, например, скальпелем, хирургической пилой, например, костной пилой, костным напильником, каутером, кусачками, распатором замыкательной пластинки, устройством подбора кейджа или устройством замены кейджа.

Медицинский инструмент можно идентифицировать по меньшей мере на основании расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из двух локализаторов, которое может определяться на основании положения и ориентации калибровочного устройства и положения и ориентации по меньшей мере одного из двух локализаторов. В дополнение к вычисленному расстоянию, медицинский инструмент можно идентифицировать на основании вычисленного угла изгиба

медицинского инструмента и/или длины такой секции держателя датчиков, которая находится снаружи просвета медицинского инструмента, в котором располагается держатель датчиков, т.е. той части держателя датчиков, которая продолжается за проксимальный конец просвета медицинского инструмента.

Например, длина просвета медицинского инструмента может автоматически определяться на основании держателя датчиков, имеющего фиксированную длину, и локализаторов держателя датчиков, расположенных в фиксированных относительных положениях, например, внутри гипотрубки. В предпочтительном варианте длина держателя датчиков короче длины просветов таких медицинских инструментов, которые, в принципе, должны автоматически идентифицироваться во время операции с навигацией. Например, держатель датчиков может иметь длину, которая соответствует длине просвета такого медицинского инструмента из множества медицинских инструментов, который, в принципе, должен автоматически идентифицироваться и имеет просвет с кратчайшей длиной. Следовательно, при последовательной вставке держателя датчиков в каждый медицинский инструмент из множества медицинских инструментов, которые, в принципе, должны автоматически идентифицироваться во время операции с навигацией, для каждого из медицинских инструментов расстояние между его оконечностью и локализаторами расположенного держателя датчиков является отличным от расстояний, получаемых для других медицинских инструментов из хирургического набора медицинских инструментов. Например, можно вычислить сначала расстояние между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из локализаторов держателя датчиков и прибавить остаточную длину держателя датчиков к вычисленному расстоянию, чтобы получить длину просвета медицинского инструмента. Например, значение длины держателя датчиков может быть заранее введено в блок идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента, и блок идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью использования введенной длины держателя датчиков для определения длины просвета медицинского инструмента. В частности, если известно положение локализатора держателя датчиков относительно дистального конца и/или проксимального конца держателя датчиков, то расстояние от локализатора до, соответственно, дистального конца и/или проксимального конца держателя датчиков может использоваться блоком идентификации медицинского инструмента для определения длины просвета медицинского инструмента, вмещающего держатель датчиков.

Если в просвете медицинского инструмента располагается держатель датчиков, то расстояние между локализаторами держателя датчиков и оконечностью медицинского инструмента характеризует длину просвета медицинского инструмента. Следовательно, по вычисленному расстоянию между локализаторами и оконечностью медицинского инструмента может быть вычислена длина самого просвета.

Держатель датчиков хирургического набора может быть снабжен собственной продольной осью, предварительно калибруемой в системе координат системы

определения положения. Для калибровки и навигации медицинского инструмента, содержащего держатель датчиков, расположенный в его просвете, можно использовать калибровочную матрицу, отражающую пространственное расположение.

В частности, если медицинский инструмент имеет прямолинейный просвет, продольная ось держателя датчиков согласуется с физической осью медицинского инструмента. Калибровочная матрица предварительно калиброванного медицинского инструмента может эффективно использоваться системой определения положения и/или калибровочным блоком для вычисления виртуальной продольной оси медицинского инструмента и для экстраполяции дистального конца медицинского инструмента.

При этом полезно, если сам по себе держатель датчиков является жестким по меньшей мере в той секции, на которой располагаются локализаторы, чтобы предварительно откалиброванное состояние сохранялось также снаружи прямолинейного просвета медицинского инструмента.

Калибровочный блок и блок идентификации медицинского инструмента могут быть компонентами устройства обработки данных, например, компьютера, и могут быть реализованы, например, процессором, энергозависимыми и энергонезависимыми компьютерными запоминающими устройствами и программным обеспечением.

Блок идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью идентификации медицинского инструмента с расположенным держателем датчиков посредством сравнения найденной длины просвета медицинского инструмента с множеством длин разных медицинских инструментов, содержащихся в базе данных. В предпочтительном варианте база данных предпочтительно содержит длины просветов по меньшей мере таких медицинских инструментов, которые, в принципе, используются во время операции с навигацией. База данных может входить в состав блока идентификации медицинского инструмента.

В некоторых вариантах осуществления хирургического набора по меньшей мере два локализатора располагаются на расстоянии друг от друга вблизи дистального конца держателя датчиков. Держатель датчиков может содержать по меньшей мере третий локализатор, который выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию третьего локализатора. В предпочтительном варианте третий локализатор располагается на расстоянии от первого и второго локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков. В предпочтительном варианте третий локализатор располагается вблизи проксимального конца держателя датчиков. Держатель датчиков с третьим локализатором, расположенным вблизи проксимального конца держателя датчиков, особенно подходит для определения угла изгиба медицинского инструмента. Подобно длине просвета медицинского инструмента, угол изгиба медицинского инструмента можно использовать для идентификации медицинского инструмента. Например, держатель датчиков с третьим локализатором можно расположить в просвете медицинского инструмента таким образом, чтобы угол изгиба медицинского инструмента располагался между по меньшей мере

двумя локализаторами и третьим локализатором. На основании найденных положения и ориентации третьего локализатора и по меньшей мере одного из по меньшей мере двух локализаторов, соответственно, угол изгиба медицинского инструмента может быть вычислен и использован блоком идентификации медицинского инструмента для идентификации медицинского инструмента с расположенным держателем датчиков. В качестве преимущества, положение и ориентация по меньшей мере одного из локализаторов, расположенных в дистальной концевой области медицинского инструмента, и положение и ориентация третьего локализатора также могут быть использованы для определения угловой ориентации держателя датчиков относительно продольной оси медицинского инструмента, т.е. относительно физической оси медицинского инструмента.

При наличии системы идентификации медицинского инструмента хирургического набора, медицинский инструмент хирургического набора можно автоматически идентифицировать путем выполнения следующих этапов:

- обеспечение держателя датчиков, выполненного с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора,
- обеспечение калибровочного устройства, для которого известны положение и ориентация в системе координат системы определения положения,
- вставка держателя датчиков в просвет медицинского инструмента,
- определение положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов по сформированным сигналам датчиков,
- вычисление расстояния между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов на основании найденных положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов с целью калибровки медицинского инструмента,
- определение длины просвета медицинского инструмента по меньшей мере по вычисленному расстоянию, и
- использование по меньшей мере найденной длины просвета для идентификации медицинского инструмента.

В предпочтительном варианте, после вставки, держатель датчиков располагается в просвете медицинского инструмента таким образом, что по меньшей мере два локализатора располагаются на расстоянии друг от друга вдоль продольной оси медицинского инструмента.

В некоторых вариантах способ идентификации медицинского инструмента содержит следующий этап:

- приведение калибровочного устройства в контакт с оконечностью медицинского инструмента.

Предпочитают, чтобы расстояние между калибровочным устройством и по

меньшей мере одним из двух локализаторов вычислялось на основании положения и ориентации по меньшей мере одного из двух локализаторов, определяемых, когда оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством.

Если калибровочное устройство аналогично оборудовано по меньшей мере одним локализатором, то положение и ориентацию локализатора калибровочного устройства также могут определяться системой определения положения в системе координат системы определения положения. В частности, положение и ориентация локализатора калибровочного устройства могут определяться системой определения положения и использоваться калибровочным блоком для вычисления расстояния между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов, например, когда оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством.

Медицинский инструмент может быть медицинской отверткой с медицинским винтом, например, костным винтом, закрепленным на дистальном конце отвертки. Просвет медицинской отвертки с расположенным держателем датчиков предпочтительно продолжается от проксимального конца отвертки до дистального конца прикрепленного винта. В частности, если медицинский инструмент является медицинской отверткой с медицинским винтом, то способ автоматической идентификации медицинского инструмента может содержать этап определения длины медицинского винта.

Этап определения длины медицинского винта предпочтительно содержит следующие подэтапы:

- приведение калибровочного устройства в контакт с оконечностью медицинского винта и, в положении контакта, определение положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов,
- вычисление расстояния между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов на основании найденных положения и ориентации, и
- определение длины винта по меньшей мере по вычисленному расстоянию и использование по меньшей мере найденной длины для идентификации медицинского винта.

Дополнительно или в качестве альтернативы, способ автоматической идентификации медицинского инструмента может содержать этапы поворота держателя датчиков по меньшей мере на 180° , предпочтительно, на 360° вокруг его продольной ось и, одновременно, определение положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов и использование найденных положений и ориентаций для вычисления погрешности центрирования и/или погрешности позиционирования, и/или угловой погрешности.

В частности, из вариантов способа автоматической идентификации медицинского инструмента, в которых вычисляются погрешность центрирования и/или погрешность позиционирования, и/или угловая погрешность, в предпочтительном варианте способ

может содержать дополнительный этап компенсации вычисленных погрешности центрирования и/или погрешности позиционирования, и/или угловой погрешности, при вычислении расстояния между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов.

В частности, если держатель датчиков содержит по меньшей мере третий локализатор, который выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию третьего локализатора, и при этом третий локализатор располагается на расстоянии от первого и второго локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков, то способ автоматической идентификации медицинского инструмента может содержать следующие дополнительные этапы:

- определение положения и ориентации третьего локализатора,
- вычисление угла изгиба медицинского инструмента по положению и ориентации третьего локализатора и положению и ориентации по меньшей мере одного из первого и второго локализаторов, и
- использование вычисленного угла изгиба для идентификации медицинского инструмента.

В предпочтительном варианте просвет медицинского инструмента, в котором располагается держатель датчиков, является просветом, смещенным от центра. Поэтому, медицинский инструмент может содержать дополнительные просветы, которые можно использовать в других целях, даже когда в просвете, смещенном от центра, располагается держатель датчиков.

В соответствии с изобретением предлагается способ лечения грыжи межпозвонкового диска и, в частности, способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела.

Способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела можно выполнять, например, с использованием хирургического набора, содержащего иглу для доступа, проводочный направитель, направляющий стержень по меньшей мере одну расширительную трубку, рабочую трубку, долото, эндоскоп и медицинский инструмент, который выполнен с возможностью расположения внутри рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела.

Способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела в соответствии с изобретением содержит следующие этапы:

- обеспечивают держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора,
- вставляют держатель датчиков в просвет иглы для доступа,

- калибруют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков,
- направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков внутри тела пациента к позвонку позвоночного столба, в частности, к дисковому пространству позвоночного столба, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов по сигналам датчиков, и положение по меньшей мере оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,
- извлекают держатель датчиков из просвета иглы для доступа, и затем в просвет иглы для доступа вставляют проволочный направитель,
- снимают иглу для доступа с проволочного направителя, так что внутри тела пациента остается только проволочный направитель,
- вставляют держатель датчиков в просвет направляющего стержня, и калибруют направляющий стержень,
- извлекают держатель датчиков из направляющего стержня и продвигают направляющий стержень по проволочному направителю вплоть до позвонка, в частности, до фасеточного сустава позвонка,
- извлекают проволочный направитель из направляющего стержня и вставляют держатель датчиков в направляющий стержень, при приближении к фасеточному суставу, на что указывает усиление сопротивления,
- направляют направляющий стержень с расположенным держателем датчиков к фасеточному суставу позвонка, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности направляющего стержня указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,
- извлекают держатель датчиков из направляющего стержня,
- продвигают по меньшей мере одну расширительную трубку по направляющему стержню, причем расширительная трубка выполнена с возможностью расширения пути доступа к позвонку,
- вставляют держатель датчиков в просвет рабочей трубки, причем рабочая трубка на дистальном конце имеет такую форму, что на ее дистальном конце рабочую трубку можно зафиксировать к кости пациента,
- калибруют рабочую трубку, извлекают держатель датчиков из рабочей трубки,
- продвигают рабочую трубку по расширительной трубке к фасеточному суставу
- извлекают направляющий стержень и расширительную трубку, когда рабочая трубка оказывается вблизи фасеточного сустава, на что указывает усиление сопротивления,
- вставляют держатель датчиков и фиксируют рабочую трубку ее дистальным концом к позвонку, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности рабочей трубки указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием

определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из рабочей трубки,

- вставляют держатель датчиков вместе с эндоскопом в просвет долота, после чего вставляют долото с держателем датчиков и эндоскопом в рабочий канал рабочей трубки, и используют долото для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе, и одновременно определяют положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности долота указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов, и

- удаляют по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела через рабочий канал эндоскопа в эндоскопе.

Формирование заднего бокового доступа к центральной нервной системе предпочтительно содержит рассверливание небольшой части фасеточного сустава позвонка. Вместо долота, для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе можно применить сверло.

Для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе, можно применить проход через треугольник Камбина.

В контексте описания, «наведение медицинского инструмента» включает в себя проведение медицинского инструмента с расположенным держателем датчиков относительно объекта и прослеживание положения медицинского инструмента с помощью системы определения положения посредством определения положения и ориентации локализаторов держателя датчиков.

В предпочтительном варианте, при извлечении межпозвонкового диска через рабочий канал эндоскопа, положение и ориентация по меньшей мере двух локализаторов определяются и используются для указания положения по меньшей мере дистальной оконечности эндоскопа на модели пациента, визуализируемой на мониторе.

Способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела может содержать, после вставки держателя датчиков в просвет по меньшей мере чего-то одного из иглы для доступа, направляющего стержня, рабочей трубки, долота или эндоскопа, этап автоматической идентификации медицинского инструмента, содержащего держатель датчиков, расположенный в его просвете, посредством определения расстояния между дистальной оконечностью медицинского инструмента и положением по меньшей мере одного из двух локализаторов, определения длины просвета соответствующего медицинского инструмента на основании полученного расстояния и идентификации медицинского инструмента с расположенным держателем датчиков на основании полученной длины его просвета.

При необходимости, способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела содержит этап отображения, на мониторе, визуального представления модели пациента с положением по меньшей мере чего-то одного из иглы для доступа, направляющего стержня, рабочей трубки, долота или

эндоскопа, указанным на модели, и/или эндоскопического изображения, полученного эндоскопом, исходя из того, используются ли или нет держатель датчиков и/или эндоскоп на конкретном этапе способа, и/или исходя из того, определяется ли или нет относительное перемещение между держателем датчиков и позвонком.

В соответствии с изобретением предлагается также способ спондилодеза позвонков, в частности, способ сращивания по меньшей мере двух позвонков.

Способ сращивания по меньшей мере двух позвонков можно выполнять с использованием, например, хирургического набора в соответствии с изобретением, содержащего иглу для доступа, отвертку для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчик и отвертку для педикулярных винтов, и позвоночный кейдж.

Способ сращивания по меньшей мере двух позвонков в соответствии с изобретением содержит следующие этапы:

- обеспечивают держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора,

- обеспечивают рабочую трубку с рабочим каналом, причем рабочую трубку располагают внутри тела пациента для обеспечения заднего бокового доступа к дисковому пространству между двумя позвонками, при том, что из дискового пространства была удалена по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела,

- используют рабочий канал рабочей трубки для имплантации позвоночного кейджа в позвоночник пациента для восстановления дискового пространства между двумя соответствующими позвонками,

- вставляют держатель датчиков в иглу для доступа и направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков в одну из ламин позвонка, и одновременно определяют положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- просверливают ламину позвонка иглой для доступа, и одновременно определяют положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из иглы для доступа и затем вставляют держатель датчиков в просвет отвертки для ламинарных винтов, содержащей ламинарный винт, прикрепленный так, что по меньшей мере один из локализаторов держателя датчиков располагается по меньшей мере вблизи дистальной оконечности ламинарного винта,

- имплантируют ламинарный винт в ламину позвонка, с держателем датчиков, расположенным в отвертке для ламинарных винтов и ламинарном винте, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности ламинарного винта указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из отвертки, затем вставляют держатель датчиков в просвет иглы для доступа и направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков к одной из ножек дуги позвонка, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из иглы для доступа, после этого вставляют держатель датчиков в просвет метчика и нарезают резьбовое отверстие в ножке дуги позвонка, и по меньшей мере одновременно с нарезанием резьбы определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности метчика указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из метчика, затем вставляют держатель датчиков в просвет отвертки для педикулярных винтов с педикулярным винтом и устанавливают педикулярный винт в ножку дуги позвонка, и одновременно с постановкой винта определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности педикулярного винта указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов, и

- используют держатель датчиков, иглу для доступа, метчик и отвертку для педикулярных винтов с другим педикулярным винтом для постановки другого педикулярного винта в один из соседних позвонков и соединяют по меньшей мере два педикулярных винта, постановленных в позвонки, с помощью стержня, чтобы срастить два соседних позвонка.

Этап обеспечения рабочей трубки с рабочим каналом, при том, что рабочую трубку располагают внутри тела пациента для обеспечения заднего бокового доступа к дисковому пространству между двумя позвонками, и из дискового пространства была удалена по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, может содержать выполнение этапов способа удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела в соответствии с изобретением, как описано выше.

В предпочтительном варианте, для имплантации кейджа, положение кейджа относительно положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов держателя

датчиков отслеживается и указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе.

Способ сращивания по меньшей мере двух позвонков может дополнительно содержать этап автоматического определения по меньшей мере длины ламинарного винта и/или длины педикулярного винта для ламинарного винта и педикулярного винта, соответственно, посредством

- расположения держателя датчиков в просвете отвертки с прикрепленным костным винтом таким образом, что по меньшей мере два локализатора располагаются на расстоянии друг от друга вдоль продольной оси отвертки,
- определения расстояния между дистальной оконечностью отвертки и положениями по меньшей мере одного из двух локализаторов на основании положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и
- автоматического определения длины винта на основании найденного расстояния.

Автоматическое определение по меньшей мере длины ламинарного винта и/или длины педикулярного винта для ламинарного винта и педикулярного винта, соответственно, может выполняться калибровочным блоком системы идентификации медицинского инструмента, как описано выше.

В частности, если по меньшей мере длина ламинарного винта и/или длина педикулярного винта для ламинарного винта и педикулярного винта определяются автоматически, то способ сращивания по меньшей мере двух позвонков может содержать дополнительный этап присвоения найденной длины винта одному из множества предварительно заданных типов винтов для идентификации винта. Присвоение найденной длины винта одному из множества предварительно заданных типов винтов для идентификации винта может выполняться, например, блоком идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента, как описано выше. Например, разные типы винтов можно различать с использованием различных отличающихся, предварительно калиброванных держателей датчиков, например, держателей датчиков с разными длинами, разными расположениями локализаторов или разными количествами локализаторов. В предпочтительном варианте держатель датчиков из различных отличающихся, предварительно калиброванных держателей датчиков может быть сконфигурирован так, что с помощью данного держателя датчиков можно калибровать только винты из конкретного заданного набора винтов из множества разных заданных наборов винтов. Другой держатель датчиков из различных отличающихся, предварительно калиброванных держателей датчиков может быть сконфигурирован так, что с помощью данного держателя датчиков можно калибровать только винты из другого заданного набора винтов из множества разных заданных наборов винтов. Тем самым, идентификацию заданного набора винтов можно осуществить путем определения такого держателя датчиков из различных отличающихся, предварительно калиброванных держателей датчиков, с которым можно калибровать заданный набор винтов.

Соответственно, блок идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью идентификации медицинского винта путем определения такого держателя датчиков из различных отличающихся, предварительно калиброванных держателей датчиков, с которым медицинский винт из заданного набора винтов может быть откалиброван по калибровочному устройству посредством калибровочного блока.

В некоторых вариантах способа срачивания по меньшей мере двух позвонков по меньшей мере два локализатора держателя датчиков располагаются вблизи дистальной оконечности держателя датчиков, и держатель датчиков содержит по меньшей мере третий локализатор, который располагается на расстоянии от по меньшей мере двух локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков. Если держатель датчиков содержит по меньшей мере третий локализатор, то способ срачивания по меньшей мере двух позвонков предпочтительно содержит дополнительный этап определения изгиба иглы для доступа с держателем датчиков, расположенным в ее просвете, посредством вычисления угла изгиба, заключенного между по меньшей мере одним из по меньшей мере двух локализаторов и по меньшей мере третьим локализатором, на основании найденных положений и ориентаций локализаторов.

В частности, если в способе срачивания по меньшей мере двух позвонков вычисляется угол изгиба, заключенный между по меньшей мере одним из по меньшей мере двух локализаторов и по меньшей мере третьим локализатором, то способ может содержать этап визуализации цифрового представления по меньшей мере части иглы для доступа на мониторе в изогнутом состоянии в соответствии с вычисленным углом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Далее описаны предпочтительные варианты осуществления изобретения со ссылкой на фигуры. На фигурах:

Фиг. 1: схематическое изображение держателя датчиков для подключения медицинского инструмента к системе определения положения;

Фиг. 2: схематическое изображение системы идентификации медицинского инструмента, содержащей держатель датчиков и калибровочное устройство;

Фиг. 3: схематическое изображение медицинского инструмента с держателем датчиков, где медицинский инструмент находится в контакте с калибровочным устройством;

Фиг. 4: геометрия расположения локализаторов держателя датчиков, медицинского инструмента и калибровочного устройства, схематически изображенных на фиг. 3;

Фиг. 5: схематическое изображение отвертки с прикрепленным педикулярным винтом и держателем датчиков, расположенным в просвете отвертки и педикулярного винта, при этом педикулярный винт находится в контакте с калибровочным устройством;

Фиг. 6: геометрия расположения локализаторов держателя датчиков, отвертки и калибровочного устройства, схематически изображенных на фиг. 5,

Фиг. 7: блок-схема последовательности операций, представляющая способ

автоматической идентификации медицинского инструмента;

Фиг. 8: схематическое представление хирургического набора для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике;

Фиг. 9: блок-схема последовательности операций, представляющая способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела;

Фиг. 10: блок-схема последовательности операций, представляющая способ сращивания по меньшей мере двух позвонков.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Фигура 1 схематически изображает держатель 100 датчиков для подключения медицинского инструмента к системе определения положения. Для подключения медицинского инструмента к системе определения положения, держатель 100 датчиков можно вставить в просвет медицинского инструмента. При расположении держателя 100 датчиков в просвете медицинского инструмента можно выполнять операцию с навигацией, и при этом положение медицинского инструмента, например, внутри тела пациента, может отслеживаться и отображаться на мониторе. После завершения операции с навигацией, держатель датчиков можно извлечь из просвета медицинского инструмента и вставить в просвет другого медицинского инструмента для подключения другого медицинского инструмента к системе определения положения.

Держатель 100 датчиков имеет дистальный конец 102 и проксимальный конец 104. Держатель 100 датчиков содержит три локализатора 106, 108, 110, которые располагаются по длине держателя 100 датчиков. Локализаторы 106, 108, 110 выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора 106, 108, 110. Например, каждый из локализаторов 106, 108, 110 может содержать по меньшей мере одну сенсорную катушку для подключения медицинского инструмента с установленным держателем 100 датчиков к электромагнитной системе определения положения.

Около проксимального конца 102 держателя датчиков располагается первый локализатор 106 из трех локализаторов. Второй локализатор 108 из трех локализаторов располагается на расстоянии от первого локализатора 106 в направлении проксимального конца 104 держателя 100 датчиков. Держатель 100 датчиков дополнительно содержит третий локализатор 110, который располагается на расстоянии от первого и второго локализаторов 106, 108 в направлении проксимального конца 104 держателя датчиков. Третий локализатор 110 из трех локализаторов является необязательным и не представлен в альтернативных вариантах осуществления держателя 100 датчиков.

Держатель 100 датчиков, содержащий три локализатора 106, 108, 110, особенно подходит для идентификации медицинского инструмента, имеющего угол изгиба, который характеризует медицинский инструмент. В предпочтительном варианте, для вычисления угла изгиба медицинского инструмента, держатель 100 датчиков располагают в просвете медицинского инструмента таким образом, чтобы угол изгиба медицинского инструмента располагался между третьим локализатором 110 и первым и вторым

локализаторами 106, 108. На основании положения и ориентации, определенных для локализаторов 106, 108, 110, соответственно, угол изгиба медицинского инструмента может быть вычислен, например, калибровочным блоком системы идентификации медицинского инструмента и использован блоком идентификации медицинского инструмента системы идентификации медицинского инструмента для идентификации медицинского инструмента с держателем 100 датчиков, расположенным в его просвете.

Держатель 100 датчиков дополнительно содержит гипотрубку 112, продолжающуюся от дистального конца 102 до проксимального конца 104 держателя 100 датчиков и ограждающую три локализатора 106, 108, 110. Гипотрубка 112 предназначена для придания механической устойчивости держателю 100 датчиков и защиты локализаторов 106, 108, 110 от внешних воздействий.

Фигура 2 схематически изображает систему 200 идентификации медицинского инструмента, содержащую держатель 202 датчиков, калибровочное устройство 204, систему 206 определения положения, калибровочный блок 208 и блок 210 идентификации медицинского инструмента.

Держатель 202 датчиков может иметь такую же конфигурацию, как держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуру 1. В частности, держатель 202 датчиков содержит по меньшей мере два локализатора (не показанных) и может, при необходимости, дополнительно содержать третий локализатор, который предпочтительно располагается вблизи проксимального конца держателя датчиков. Каждый из локализаторов выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора. Держатель 202 датчиков выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента для подключения медицинского инструмента к системе 206 определения положения.

Держатель 202 датчиков подключается к системе 206 определения положения кабелем 203. В некоторых вариантах осуществления системы 200 идентификации медицинского инструмента предусмотрен держатель датчиков, который может иметь беспроводное соединение с системой 206 определения положения. Сигналы датчиков, формируемые локализаторами держателя 202 датчиков, могут передаваться по кабелю 203 в систему 206 определения положения. Система 206 определения положения предназначена для определения положения и ориентации локализаторов держателя 202 датчиков в системе 212 координат системы определения положения по принятым сигналам датчиков.

Например, система 206 определения положения может быть электрометрической системой определения положения, содержащей генератор возбуждения поля для создания переменного электромагнитного поля. Для определения положения и ориентации локализаторов держателя датчиков, локализаторы предпочтительно содержат одну или более сенсорных катушек. Под влиянием переменного электромагнитного поля, в каждой из катушек наводится напряжение, которое зависит от положения и ориентации

соответствующих сенсорных катушек в переменном электромагнитном поле. Сигнал датчика, представляющий наведенное напряжение, может сниматься с каждой из сенсорных катушек и передаваться в систему определения положения для определения положения и ориентации сенсорных катушек, соответственно.

Калибровочное устройство 204 системы 200 идентификации медицинского инструмента имеет такую конфигурацию, что его положение и ориентация в системе 212 координат системы определения положения могут определяться системой 206 определения положения. Например, калибровочное устройство 204 можно расположить в положении, координаты которого известны в системе 212 координат системы определения положения. Возможно также, чтобы калибровочное устройство 204 было оборудовано одним или более локализаторами, для которых положение и ориентация могут непосредственно определяться системой 206 определения положения. Калибровочное устройство 204 предпочтительно соединено с системой 206 определения положения для передачи сигналов датчиков, представляющих положение и ориентацию калибровочного устройства, в систему определения положения.

Система 206 определения положения подключена к калибровочному блоку 208 подачи найденных положений и ориентаций локализаторов. Калибровочный блок 208 предназначен для калибровки медицинского инструмента с держателем 202 датчиков, расположенным в его просвете, посредством вычисления расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из локализаторов держателя датчиков. Калибровочный блок 208 предназначен для использования положения и ориентации калибровочного устройства 204, известных в системе 212 координат системы определения положения, и положения и ориентации по меньшей мере одного из локализаторов держателя датчиков, определенных системой 206 определения положения. В предпочтительном варианте калибровочный блок выполнен с возможностью определения, находится ли или нет оконечность медицинского инструмента в контакте с калибровочным устройством 204. В предпочтительном варианте калибровочный блок выполнен с возможностью использования положения и/или ориентации по меньшей мере одного из локализаторов держателя датчиков, которые были определены системой 206 определения положения в момент контакта между оконечностью медицинского инструмента и калибровочным устройством 204.

Поскольку расстояние между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из локализаторов держателя датчиков характеризует длину просвета медицинского инструмента, то по вычисленному расстоянию можно вычислить длину просвета. Кроме того, поскольку длина просвета медицинского инструмента характеризует сам медицинский инструмент, то вычисленную длину просвета медицинского инструмента можно использовать для автоматической идентификации медицинского инструмента, содержащего держатель 202 датчиков, расположенный в его просвете.

Для идентификации медицинского инструмента, содержащего держатель 202

датчиков, расположенный в его просвете, система 200 идентификации медицинского инструмента содержит блок 210 идентификации медицинского инструмента, который связан с калибровочным блоком 208 для получения вычисленного расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из локализаторов держателя датчиков. Блок 210 идентификации медицинского инструмента предназначен для определения длины просвета медицинского инструмента по меньшей мере по расстоянию между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из локализаторов держателя датчиков, вычисленному калибровочным блоком 208. Блок 210 идентификации медицинского инструмента выполнен с возможностью использования найденной длины просвета медицинского инструмента для идентификации медицинского инструмента. Блок 210 идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью использования, в качестве альтернативы или дополнительно к длине просвета, угла изгиба медицинского инструмента, который был вычислен калибровочным блоком 208 на основании положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, между которыми располагается угол изгиба медицинского инструмента, когда держатель датчиков располагается в просвете медицинского инструмента. Для идентификации медицинского инструмента, блок 210 идентификации медицинского инструмента может быть выполнен с возможностью сравнения расстояния, вычисленного калибровочным блоком 208, а также угла изгиба медицинского инструмента с различными длинами и/или углами изгиба множества медицинских инструментов, содержащихся в базе данных, к которой может обращаться, или которая включена в блок 210 идентификации медицинского инструмента.

Фигура 3 схематически изображает медицинский инструмент 300 с держателем 302 датчиков. Оконечность 304 медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством 306. Медицинский инструмент 300 имеет просвет 308, продолжающийся от проксимального конца медицинского инструмента до его дистального конца. В просвете 308 располагается держатель 302 датчиков. Держатель 302 датчиков содержит два локализатора 310, 312, первый локализатор 310 из двух локализаторов, расположенный на дистальном конце 314 держателя 302 датчиков, и второй локализатор 312, расположенный на расстоянии от первого локализатора 310 в направлении проксимального конца 316 держателя датчиков.

Расположение двух локализаторов в дистальной концевой области держателя датчиков полезно потому, что облегчает определение точности совпадения виртуальной продольной оси медицинского инструмента с физической продольной осью инструмента. Виртуальная продольная ось может быть построена экстраполяцией от дистального конца держателя датчиков к дистальному концу медицинского инструмента, чтобы определить таким образом положение дистального конца медицинского инструмента. Виртуальная продольная ось медицинского инструмента может также отображаться на томограммах на мониторе. Отображение виртуальной продольной оси на томограммах на мониторе имеет большое значение, например, при наведении медицинского инструмента на целевую

анатомическую структуру с большого расстояния, например, 5-15 см. При точном отображении виртуальной продольной оси, например, иглы для доступа, хирург может оценить положение и ориентацию иглы, чтобы надежно провести иглу к целевому местоположению.

Виртуальная продольная ось может также определяться системой определения положения и/или калибровочным блоком в случае, если один локализатор обеспечивает 5-DOF датчик. Однако, применение 5-DOF датчика для определения виртуальной продольной оси медицинского инструмента обычно приводит к угловой погрешности катушки, при этом погрешность вносится несоосностью внутри держателя датчиков, и погрешность вносится несоосностью держателя датчиков внутри инструмента. Это может приводить к угловым погрешностям от 4° до 5° .

Как преимущество, при применении двух локализаторов, обеспечивающих, каждый, 5-DOF датчик, например, посредством сенсорных катушек, угловую погрешность можно уменьшить до всего лишь погрешности положения обеих сенсорных катушек. При разнесении сенсорных катушек на 100 мм друг от друга и имеющихся погрешностях положения менее, чем 1 мм, угловую погрешность можно уменьшить до менее, чем 1° ($\text{tg}(1/100)$).

Длина держателя 302 датчиков короче длины медицинского инструмента 300, так что существует ненулевое расстояние между дистальным концом держателя датчиков 314 и оконечностью 304 медицинского инструмента. Расстояние характеризует медицинский инструмент и может быть использовано для определения длины просвета 308 медицинского инструмента. Поскольку длина просвета 308 медицинского инструмента характеризует сам медицинский инструмент 300, то по длине просвета 308 медицинского инструмента можно идентифицировать медицинский инструмент 300 с расположенным держателем 302 датчиков.

Медицинский инструмент 300 может быть медицинским инструментом, который имеет просвет 308, предусмотренный, например, для продвижения медицинского инструмента 300 по проволочному направителю. Например, медицинский инструмент 300 может быть иглой для доступа, направляющим стержнем, рабочей трубкой, метчиком, баллонным расширительным устройством или отверткой.

Держатель 302 датчиков может иметь такую же конфигурацию, как держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуру 1, или как держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуру 2. В частности, держатель 302 датчиков и калибровочное устройство 306 могут быть элементами системы идентификации медицинского инструмента, например, системы идентификации медицинского инструмента, описанной со ссылкой на фигуру 2.

Фигура 4 представляет геометрию расположения локализаторов 310, 312 держателя датчиков, медицинского инструмента и калибровочного устройства 306, описанных со ссылкой на фигуру 3.

Два локализатора 310, 316 располагаются на расстоянии друг от друга вдоль

продольной оси 400 медицинского инструмента 300.

Для автоматической идентификации медицинского инструмента 300, расстояние 402 между калибровочным устройством 306 и локализатором 310, который расположен вблизи дистального конца держателя датчиков, вычисляется, например, калибровочным блоком, описанным со ссылкой на фигуру 2. Для вычисления расстояния 402, могут быть предпочтительно использованы положение и ориентация калибровочного устройства 306 и положение и ориентация локализатора 310, определенные системой определения положения, например, системы идентификации медицинского инструмента.

В частности, положение и ориентация локализатора 310 могут определяться, когда оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством 306, и использоваться для вычисления расстояния 402. Если оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством 306, то положение оконечности медицинского инструмента может непосредственно определяться по положению и ориентации калибровочного устройства 306, что является полезным свойством.

Положение и ориентацию второго локализатора 312 можно использовать в качестве отсчетной базы для выполнения проверки достоверности вычисленного расстояния 402. Положение и ориентацию первого локализатора 310 и второго локализатора 312 можно также использовать для вычисления погрешности центрирования и/или погрешности позиционирования, и/или угловой погрешности. Вычисленные погрешность центрирования и/или погрешность позиционирования, и/или угловая погрешность могут быть скомпенсированы калибровочным блоком, при вычислении расстояния 402 между калибровочным устройством и локализатором 310. Тем самым, расстояние 402 между калибровочным устройством 306 и локализатором 310 можно вычисляться калибровочным блоком с повышенной точностью.

После вычисления расстояния 402 между калибровочным устройством 306 и локализатором 310, расстояние 402 может быть использовано для определения длины просвета 308 медицинского инструмента, на основании которой можно идентифицировать сам медицинский инструмент 300.

Как и на фигуре 3, на фигуре 5 схематически изображен медицинский инструмент с расположенным держателем датчиков, при этом медицинский инструмент контактирует с калибровочным устройством.

Медицинский инструмент на фигуре 5 является отверткой 500 с прикрепленным медицинским винтом 502, например, костным винтом, предпочтительно, педикулярным винтом.

Просвет 504 продолжается от проксимального конца 506 отвертки до дистального конца 508 медицинского винта. В просвете 508 расположен держатель 510 датчиков. Держатель 510 датчиков содержит два локализатора 512, 514, при этом первый локализатор 512 располагается вблизи дистального конца 516 держателя датчиков, и второй локализатор располагается на расстоянии от первого локализатора 516 в

направлении проксимального конца 518 держателя датчиков. Держатель 510 датчиков может иметь такую же конфигурацию, как держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуру 1 или со ссылкой на фигуру 2.

Медицинский винт 502 имеет длину 520, которая характеризует медицинский винт 502. Следовательно, при определении длины винта, сам медицинский винт 502 можно идентифицировать по длине винта.

Дистальный конец 506 медицинского винта 502 находится в контакте с калибровочным устройством 522 для калибровки отвертки 500, например, посредством калибровочного блока системы идентификации медицинского инструмента, например, описанного со ссылкой на фигуру 2. Калибровка отвертки заключается в определении расстояния 600 между калибровочным устройством 522 и первым локализатором 512, как показано на фигуре 6.

Фигура 6 представляет геометрию расположения локализаторов 512, 514 держателя датчиков, отвертки и калибровочного устройства 522, схематически изображенных на фигуре 5. Локализаторы 512, 514 располагаются вдоль продольной оси 602 отвертки. В частности, положение и ориентация первого локализатора 512 используются для вычисления расстояния 600 до калибровочного устройства, которое соответствует расстоянию между первым локализатором 512 и дистальным концом 506 медицинского винта.

Расстояние 600 характеризует длину медицинского винта 502. Поэтому, полученное расстояние 600 можно использовать для автоматической идентификации медицинского винта 502. Например, для идентификации медицинского винта 502 по найденному расстоянию 600 можно использовать длину отвертки 500 и длину держателя 510 датчиков. Можно также использовать тот факт, что положения локализаторов друг относительно друга являются фиксированными. В предпочтительном варианте первый локализатор 512 располагается вблизи дистального конца держателя датчиков, так что посредством определения положения и ориентации первого локализатора можно получить положение и ориентацию дистального конца держателя датчиков.

Калибровочное устройство 522 и держатель 510 датчиков могут быть элементами системы идентификации медицинского инструмента, в частности, системы идентификации медицинского инструмента, описанной со ссылкой на фигуру 2.

Фигура 7 представляет блок-схему последовательности операций способа автоматической идентификации медицинского инструмента.

Сначала обеспечивают держатель датчиков (этап S1), который выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента. Держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора. Каждый из локализаторов выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора. Держатель датчиков может быть держателем датчиков, описанным со ссылкой на фигуру 1 или со ссылкой на фигуру 2, или держателем датчиков, описанным со ссылкой на фигуры 3 или

5.

Обеспечивают калибровочное устройство (этап S2), для которого известны положение и ориентация в системе координат системы определения положения. Например, калибровочное устройство можно расположить в положении, координата которого известна в системе координат системы определения положения. Возможно также, что калибровочное устройство содержит один или более локализаторов, которые выполнены с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию калибровочного устройства.

Держатель датчиков вставляют в просвет медицинского инструмента (этап S3). Медицинский инструмент, имеющий просвет, может быть, например, катетером, иглой Джамшиди, метчиком, отверткой с прикрепленным костным винтом, например, педикулярным винтом, который можно установить с помощью отвертки в кость пациента, или другим канюлированным медицинским инструментом. После вставки, держатель датчиков располагается с возможностью извлечения в просвете медицинского инструмента и, следовательно, может быть извлечен после завершения задачи медицинским инструментом и использован для подключения другого медицинского инструмента к системе определения положения.

Положение и ориентация по меньшей мере двух локализаторов определяются по сформированным сигналам датчиков (этап S4). Например, локализаторы могут содержать одну или более сенсорных катушек, положения которых могут определяться электромагнитной системой определения положения, содержащей генератор возбуждения поля для создания переменного электромагнитного поля. Создаваемое электромагнитное поле наводит напряжение, представляющее положение и ориентацию сенсорных катушек. По снятому сигналу датчика, представляющему наведенное напряжение, системой определения положения могут определяться положение и ориентация сенсорных катушек в системе координат системы определения положения.

На основании найденных положения и ориентации локализаторов вычисляется расстояние между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов (этап S5), чтобы откалибровать медицинский инструмент. Расстояние предпочтительно вычисляется по положению и ориентации локализаторов, определяемых, когда оконечность медицинского инструмента находится в контакте с калибровочным устройством.

Затем на этапе S6 определяется длина просвета медицинского инструмента по меньшей мере по вычисленному расстоянию. В частности, расстояние между калибровочным устройством и по меньшей мере одним из двух локализаторов характеризует длину просвета медицинского инструмента и, следовательно, сам медицинский инструмент.

Затем на этапе S7 по меньшей мере найденная длина просвета используется для автоматической идентификации медицинского инструмента с держателем датчиков, расположенным в его просвете. Кроме того, для идентификации медицинского

инструмента можно использовать также угол изгиба медицинского инструмента и/или длину такой секции держателя датчиков, которая продолжается за проксимальный конец медицинского инструмента. Для идентификации медицинского инструмента, найденная длина просвета может сравниваться со значениями в базе данных, представляющими длины просветов разных медицинских инструментов, например, медицинских инструментов хирургического набора, который используется во время хирургической операции.

Если медицинский инструмент идентифицируется автоматически, например, системой идентификации медицинского инструмента, то можно применить соответствующие настройки, например, режим отображения медицинского инструмента на мониторе.

Способ может выполняться системой идентификации медицинского инструмента, в частности, системой идентификации медицинского инструмента, описанной со ссылкой на фигуру 2.

Фигура 8 схематически представляет хирургический набор 800 для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике.

Хирургический набор 800 содержит систему 802 определения положения, держатель 804 датчиков, который имеет рабочее соединение с системой 802 определения положения, и множество медицинских инструментов, имеющих, каждый, просвет 806, в котором может располагаться держатель 804 датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе 802 определения положения.

Держатель 804 датчиков выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете одного медицинского инструмента из множества медицинских инструментов 806. Держатель 804 датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, при этом каждый локализатор предназначен для формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора. Держатель датчиков 802 может иметь такую же конфигурацию, как держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуру 1, или держатель датчиков, описанный со ссылкой на фигуры 3 или 5. В частности, держатель датчиков может содержать по меньшей мере третий локализатор, который располагается на или по меньшей мере вблизи проксимального конца держателя датчиков.

Система 802 определения положения выполнена с возможностью определения положения и ориентации локализаторов по соответствующим сформированным сигналам датчиков в системе координат системы определения положения. В предпочтительном варианте применяется электромагнитная система определения положения, и локализаторы держателя датчиков оборудованы сенсорными катушками.

В качестве преимущества, хирургический набор 800 может содержать или может применяться в сочетании с системой идентификации медицинского инструмента, предпочтительно, с системой идентификации медицинского инструмента, описанной со ссылкой на фигуру 2. При применении хирургического набора 800 в сочетании с системой

идентификации медицинского инструмента, описанной со ссылкой на фигуру 2, система 802 определения положения хирургического набора и держатель 804 датчиков могут быть также системой определения положения и держателем датчиков системы идентификации медицинского инструмента, соответственно.

Медицинский инструмент из множества медицинских инструментов 806, имеющих просвет, в котором можно располагать с возможностью извлечения держатель 804 датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе 802 определения положения, может быть, например, иглой для доступа, направляющим стержнем, рабочей трубкой, долотом, эндоскопом, отверткой для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчиком или отверткой для педикулярных винтов.

Если хирургический набор 800 содержит иглу для доступа, проволочный направитель, направляющий стержень по меньшей мере одну расширительную трубку, рабочую трубку, долото, эндоскоп и медицинский инструмент, который выполнен с возможностью расположения внутри рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, то хирургический набор 800 особенно подходит для выполнения способа удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, описанного со ссылкой на фигуру 9.

Медицинский инструмент из множества медицинских инструментов 806, имеющих просвет, в котором может располагаться с возможностью извлечения держатель 804 датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения, может быть также иглой для доступа, отверткой для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчиком и отверткой для педикулярных винтов и является особенно подходящим. Если хирургический набор 800 содержит иглу для доступа, отвертку для ламинарных винтов с ламинарным винтом, метчик и отвертку для педикулярных винтов, и позвоночный кейдж, то хирургический набор особенно подходит для выполнения сращивания по меньшей мере двух позвонков, как описано со ссылкой на фигуру 10.

Фигура 9 представляет блок-схему последовательности операций способа удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела.

Сначала обеспечивают держатель датчиков (этап M1), который выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, при этом держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и каждый из локализаторов выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора.

Держатель датчиков вставляют в просвет иглы для доступа (этап M2).

Далее, иглу для доступа с расположенным держателем датчиков калибруют по калибровочному устройству (этап M3),

Затем проводят иглу для доступа с расположенным держателем датчиков внутри тела пациента к позвонку позвоночного столба, при этом одновременно определяются

положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов по сигналам датчиков (этап M4). Кроме того, положение по меньшей мере острия иглы для доступа показывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

После подхода к позвонку позвоночного столба, держатель датчиков извлекают из просвета иглы для доступа, и после этого в просвет иглы для доступа вставляют проволочный направитель (этап M5).

На последующем этапе (этап M6), иглу для доступа снимают с проволочного направителя, так что внутри тела пациента остается только проволочный направитель.

Затем в просвет направляющего стержня вставляют держатель датчиков, и направляющий стержень калибруют по калибровочному устройству (этап M7).

После этого держатель датчиков извлекают из направляющего стержня, и направляющий стержень продвигают по проволочному направителю до фасеточного сустава позвонка (этап M8).

После подхода к фасеточному суставу позвонка, проволочный направитель извлекают из направляющего стержня, и в направляющий стержень вставляют держатель датчиков, при этом на приближение к фасеточному суставу предпочтительно указывает усиление сопротивления (этап M9). Одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов. Положение по меньшей мере дистальной оконечности направляющего стержня указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

Затем держатель датчиков извлекают из направляющего стержня (этап M10).

После извлечения держателя датчиков из направляющего стержня, по направляющему стержню продвигают по меньшей мере одну расширительную трубку, при этом расширительная трубка предназначена для расширения пути доступа к позвонку (этап M11).

Затем в просвет рабочей трубки вставляют держатель датчиков (этап M12), при этом рабочая трубка на дистальном конце имеет такую форму, что на дистальном конце рабочую трубку можно зафиксировать к кости пациента.

Вместе с держателем датчиков, расположенным в просвете рабочей трубки, рабочую трубку калибруют по калибровочному устройству, и затем держатель датчиков извлекают из рабочей трубки (этап M13).

Затем рабочую трубку с расположенным держателем датчиков продвигают по расширительной трубке вплоть до позвонка (этап M14).

После этого направляющий стержень и расширительную трубку извлекают, предпочтительно, когда рабочая трубка находится вблизи фасеточного сустава, на что указывает усиление сопротивления (этап M15).

Затем держатель датчиков вставляют в рабочую трубку, и рабочую трубку фиксируют ее дистальным концом к позвонку (этап M16). Одновременно определяются

положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности рабочей трубки указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

После фиксации рабочей трубки к позвонку, держатель датчиков извлекают из просвета рабочей трубки, чтобы обеспечить рабочий канал для вставки медицинского инструмента (этап M17).

Затем в просвет долота вставляют держатель датчиков вместе с эндоскопом. После этого, долото с держателем датчиков и эндоскопом вставляют в рабочий канал рабочей трубки. Долото используют для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе (этап M18). Одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности долота указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

После создания заднего бокового доступа к центральной нервной системе по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела извлекают через рабочий канал эндоскопа в эндоскопе (этап M19).

Фигура 10 представляет блок-схему последовательности операций способа сращения по меньшей мере двух позвонков.

Сначала обеспечивают держатель датчиков (этап P1), который выполнен с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента. Держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и каждый из локализаторов выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора.

Также обеспечивают рабочую трубку с рабочим каналом (этап P2), при этом рабочую трубку располагают внутри тела пациента для обеспечения заднего бокового доступа к дисковому пространству между двумя позвонками, и из дискового пространства была удалена по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела.

Рабочий канал рабочей трубки используют для имплантации позвоночного кейджа в позвоночник пациента для восстановления дискового пространства между двумя соответствующими позвонками (этап P3).

Затем в иглу для доступа вставляют держатель датчиков, и иглу для доступа с расположенным держателем датчиков проводят к одной из ламин позвонка (этап P4). Одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

Последующий этап (этап P5) содержит сверление фасеточного сустава позвонка иглой для доступа и, одновременно, определение положений и ориентаций по меньшей

мере двух локализаторов и указание положения по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

Затем держатель датчиков извлекают из иглы для доступа, и после этого держатель датчиков вставляют в просвет отвертки для ламинарных винтов, содержащей ламинарный винт, прикрепленный так, что по меньшей мере один из локализаторов держателя датчиков располагается по меньшей мере вблизи дистальной оконечности ламинарного винта (этап Р6).

Затем в ламину позвонка имплантируют ламинарный винт (этап Р7), с держателем датчиков, расположенным в отвертке для ламинарных винтов и ламинарном винте, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности ламинарного винта указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

Затем держатель датчиков извлекают из отвертки, и после этого держатель датчиков вставляют в просвет иглы для доступа, и иглу для доступа с расположенным держателем датчиков проводят к одной из ножек дуги позвонка (этап Р8). Одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов.

Затем держатель датчиков извлекают из иглы для доступа, и после этого держатель датчиков вставляют в просвет метчика, и в ножке дуги позвонка нарезают резьбовое отверстие, и по меньшей мере одновременно с нарезанием резьбы определяются положение и ориентация по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности метчика указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов (этап Р9).

Затем держатель датчиков извлекают из метчика, и после этого держатель датчиков вставляют в просвет отвертки для педикулярных винтов с педикулярным винтом. Педикулярный винт устанавливают в ножку дуги позвонка, и по меньшей мере одновременно с установкой винта определяются положение и ориентация по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности педикулярного винта указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов (этап Р10).

Затем держатель датчиков, иглу для доступа, метчик и отвертку для педикулярных винтов с другим педикулярным винтом используют для постановки другого педикулярного винта в один из соседних позвонков, и по меньшей мере два педикулярных винта, поставленных в позвонки, соединяют стержнем, чтобы срастить два соседних позвонка (этап Р11).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Хирургический набор для выполнения минимально инвазивной хирургической операции на позвоночнике, при этом хирургический набор содержит

- систему определения положения, выполненную с возможностью определения положения и ориентации локализаторов по принятым сигналам датчиков в системе координат системы определения положения,

- держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию соответствующего локализатора, и

- множество разных медицинских инструментов, имеющих просвет, в котором можно расположить с возможностью извлечения держатель датчиков для подключения соответствующего медицинского инструмента к системе определения положения.

2. Хирургический набор по п. 1, в котором один медицинский инструмент из множества медицинских инструментов, имеющих просвет, является

- иглой для доступа, имеющей просвет, продолжающийся от дистального конца иглы для доступа до ее проксимального конца, при этом игла для доступа выполнена с возможностью направления к целевому местоположению в теле пациента.

3. Хирургический набор по п. 1 или 2, в котором множество медицинских инструментов, имеющих просвет, содержит по меньшей мере какой-то один из следующих

- проволочный направитель, выполненный с возможностью вставки в просвет иглы для доступа,

- направляющий стержень, имеющий просвет и выполненный с возможностью продвижения по проволочному направителю,

- по меньшей мере, одну расширительную трубку, выполненную с возможностью продвижения по направляющему стержню и расширения пути доступа к целевому местоположению,

- рабочую трубку, выполненную с возможностью продвижения по меньшей мере по одной расширительной трубке и обеспечения рабочего канала для медицинских инструментов, при этом рабочая трубка на дистальном конце имеет такую форму, что ее можно зафиксировать к кости пациента,

- долото, имеющее просвет, в котором можно расположить эндоскоп, и выполненное с возможностью расположения внутри рабочего канала рабочей трубки, для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе,

- эндоскоп, имеющий по меньшей мере один рабочий канал эндоскопа для вставки другого медицинского инструмента, причем эндоскоп выполнен с возможностью медицинской визуализации внутри тела пациента, или

- медицинский инструмент, выполненный с возможностью расположения внутри

рабочего канала эндоскопа и удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела.

4. Хирургический набор по меньшей мере по одному из предыдущих пп., в котором множество медицинских инструментов, имеющих просвет, содержит по меньшей мере какой-то один из следующих:

- позвоночный кейдж, выполненный с возможностью восстановления дискового пространства между двумя позвонками, при расположении между соответствующими позвонками,

- отвертку для ламинарных винтов с ламинарным винтом, при этом отвертка имеет просвет, продолжающийся от проксимального конца отвертки до дистального конца ламинарного винта, и отвертка выполнена с возможностью фиксации ламинарного винта в ламине позвонка,

- метчик для нарезания резьбы в отверстии в позвонке для фиксации костного винта, или

- отвертку для педикулярных винтов с педикулярным винтом, причем отвертка имеет просвет, продолжающийся от проксимального конца отвертки до дистального конца педикулярного винта, и отвертка выполнена с возможностью фиксации педикулярного винта в ножке дуги позвонка.

5. Хирургический набор по меньшей мере по одному из предыдущих пп., в котором

- первый из локализаторов располагается на дистальном конце держателя датчиков или по меньшей мере вблизи него, и второй из локализаторов располагается на расстоянии от первого локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков, и держатель датчиков дополнительно содержит

- гипотрубку продолжающуюся от дистального конца к проксимальному концу держателя датчиков и охватывающую по меньшей мере два локализатора.

6. Хирургический набор по меньшей мере по одному из предыдущих пп., содержащий по меньшей мере третий локализатор, который выполнен с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положение и ориентацию третьего локализатора, при этом третий локализатор располагается на расстоянии от первого и второго локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков.

7. Хирургический набор по меньшей мере по одному из предыдущих пп., содержащий систему идентификации медицинского инструмента, при этом система идентификации медицинского инструмента содержит

- калибровочное устройство, имеющее такую конфигурацию, что его положение и ориентация в системе координат системы определения положения могут определяться системой определения положения,

- калибровочный блок, выполненный с возможностью калибровки медицинского инструмента с держателем датчиков, расположенным в его просвете, посредством вычисления расстояния между оконечностью медицинского инструмента и по меньшей мере одним из двух локализаторов, на основании положения и ориентации

калибровочного устройства и положения и ориентации по меньшей мере одного из двух локализаторов, определяемых системой определения положения, и

- блок идентификации медицинского инструмента, выполненный с возможностью определения длины просвета медицинского инструмента по меньшей мере по вычисленному расстоянию и использования найденной длины просвета для идентификации медицинского инструмента.

8. Хирургический набор по п. 7, в котором калибровочный блок выполнен с возможностью определения виртуальной продольной оси медицинского инструмента на основании положений по меньшей мере двух локализаторов.

9. Способ удаления по меньшей мере части межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела, при этом способ содержит следующие этапы:

- обеспечивают держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положения и ориентации соответствующего локализатора,

- вставляют держатель датчиков в просвет иглы для доступа,

- калибруют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков,

- направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков внутри тела пациента к позвонку позвоночного столба, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов по сигналам датчиков, и положение по меньшей мере оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из просвета иглы для доступа, и затем в просвет иглы для доступа вставляют проволочный направитель,

- снимают иглу для доступа с проволочного направителя, так что внутри тела пациента остается только проволочный направитель,

- вставляют держатель датчиков в просвет направляющего стержня, и калибруют направляющий стержень,

- извлекают держатель датчиков из направляющего стержня и продвигают направляющий стержень по проволочному направителю вплоть до позвонка,

- извлекают проволочный направитель из направляющего стержня и вставляют держатель датчиков в направляющий стержень,

- направляют направляющий стержень с расположенным держателем датчиков к фасеточному суставу позвонка, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности направляющего стержня указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из направляющего стержня,

- продвигают по меньшей мере одну расширительную трубку по направляющему стержню, причем расширительная трубка выполнена с возможностью расширения пути доступа к позвонку,

- вставляют держатель датчиков в просвет рабочей трубки, причем рабочая трубка на дистальном конце имеет такую форму, что на ее дистальном конце рабочую трубку можно зафиксировать к кости пациента,

- калибруют рабочую трубку, извлекают держатель датчиков из рабочей трубки,

- продвигают рабочую трубку по расширительной трубке к фасеточному суставу,

- извлекают направляющий стержень и расширительную трубку,

- вставляют держатель датчиков в рабочую трубку, и фиксируют рабочую трубку ее дистальным концом к позвонку, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности рабочей трубки указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из рабочей трубки,

- вставляют держатель датчиков вместе с эндоскопом в просвет долота, после чего вставляют долото с держателем датчиков и эндоскопом в рабочий канал рабочей трубки, и используют долото для формирования заднего бокового доступа к центральной нервной системе, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности долота указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов, и

- удаляют по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела через рабочий канал эндоскопа в эндоскопе.

10. Способ по п. 9, в котором, одновременно с удалением межпозвонкового диска через канал эндоскопа, положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов определяются и используются для указания положения по меньшей мере дистальной оконечности эндоскопа на модели пациента, визуализируемой на мониторе.

11. Способ по п. 9 или 10, содержащий, после вставки держателя датчиков в просвет по меньшей мере чего-то одного из иглы для доступа, направляющего стержня, рабочей трубки, долота или эндоскопа, этап автоматической идентификации медицинского инструмента, содержащего держатель датчиков, расположенный в его просвете, посредством определения расстояния между дистальной оконечностью медицинского инструмента и положением по меньшей мере одного из двух локализаторов, определения длины просвета соответствующего медицинского инструмента на основании полученного расстояния и идентификации медицинского инструмента с расположенным держателем датчиков на основании полученной длины его просвета.

12. Способ по меньшей мере по одному из пп. 9-11, содержащий этап отображения,

на мониторе, визуального представления модели пациента с положением по меньшей мере чего-то одного из иглы для доступа, направляющего стержня, рабочей трубки, долота или эндоскопа, указанным на модели, и/или эндоскопического изображения, полученного эндоскопом, исходя из того, используются ли или нет держатель датчиков и/или эндоскоп на конкретном этапе способа, и/или исходя из того, определяется ли или нет относительное перемещение между держателем датчиков и позвонком.

13. Способ сращивания по меньшей мере двух позвонков, при этом способ содержит следующие этапы:

- обеспечивают держатель датчиков, выполненный с возможностью расположения, допускающего извлечение, в просвете медицинского инструмента, причем держатель датчиков содержит по меньшей мере два локализатора, и локализаторы выполнены, каждый, с возможностью формирования сигнала датчика, представляющего положения и ориентации соответствующего локализатора,

- обеспечивают рабочую трубку с рабочим каналом, причем рабочую трубку располагают внутри тела пациента для обеспечения заднего бокового доступа к дисковому пространству между двумя позвонками, при том, что из дискового пространства была удалена по меньшей мере часть межпозвонкового диска и/или окружающей ткани тела,

- используют рабочий канал рабочей трубки для имплантации позвоночного кейджа в позвоночник пациента для восстановления дискового пространства между двумя соответствующими позвонками,

- вставляют держатель датчиков в иглу для доступа и направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков в одну из ламин позвонка, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- просверливают ламину позвонка иглой для доступа, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из иглы для доступа и затем вставляют держатель датчиков в просвет отвертки для ламинарных винтов, содержащей ламинарный винт, прикрепленный так, что по меньшей мере один из локализаторов держателя датчиков располагается по меньшей мере вблизи дистальной оконечности ламинарного винта,

- имплантируют ламинарный винт в ламину позвонка, с держателем датчиков, расположенным в отвертке для ламинарных винтов и ламинарном винте, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности ламинарного винта указывается на

модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из отвертки, затем вставляют держатель датчиков в просвет иглы для доступа и направляют иглу для доступа с расположенным держателем датчиков к одной из ножек дуги позвонка, и одновременно определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности иглы для доступа указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из иглы для доступа, после этого вставляют держатель датчиков в просвет метчика и нарезают резьбовое отверстие в ножке дуги позвонка, и по меньшей мере одновременно с нарезанием резьбы определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности метчика указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов,

- извлекают держатель датчиков из метчика, затем вставляют держатель датчиков в просвет отвертки для педикулярных винтов с педикулярным винтом и устанавливают педикулярный винт в ножку дуги позвонка, и одновременно с постановкой винта определяются положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и положение по меньшей мере дистальной оконечности педикулярного винта указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе, с использованием определяемых положения и ориентации локализаторов, и

- используют держатель датчиков, иглу для доступа, метчик и отвертку для педикулярных винтов с другим педикулярным винтом для постановки другого педикулярного винта в один из соседних позвонков и соединяют по меньшей мере два педикулярных винта, постановленных в позвонки, с помощью стержня, чтобы срастить два соседних позвонка.

14. Способ по п. 13, в котором, для имплантации кейджа, положение кейджа относительно положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов держателя датчиков отслеживается и указывается на модели пациента, визуализируемой на мониторе.

15. Способ по п. 13 или 14, содержащий этап автоматического определения по меньшей мере длины ламинарного винта и/или длины педикулярного винта для ламинарного винта и педикулярного винта, соответственно, посредством

- расположения держателя датчиков в просвете отвертки с прикрепленным костным винтом таким образом, что по меньшей мере два локализатора располагаются на расстоянии друг от друга вдоль продольной оси отвертки,

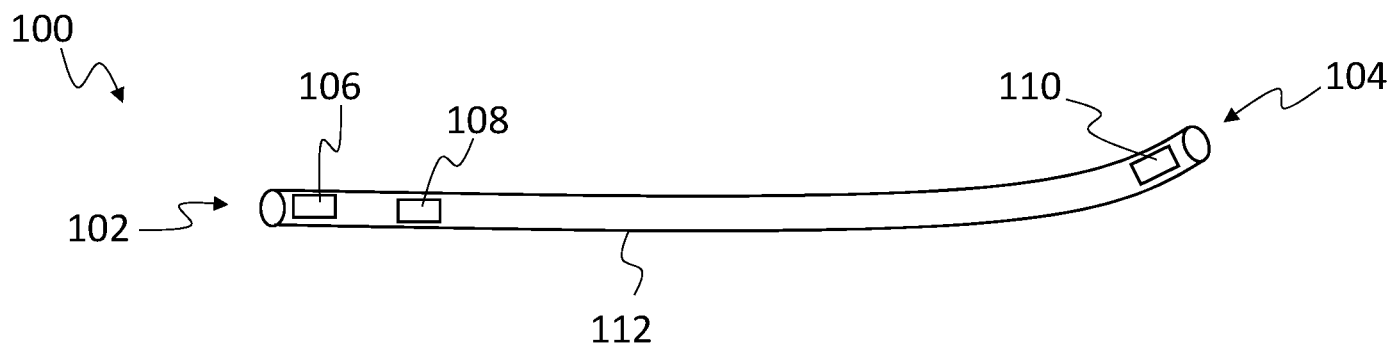
- определения расстояния между дистальной оконечностью отвертки и положениями по меньшей мере одного из двух локализаторов на основании положения и ориентации по меньшей мере двух локализаторов, и

- автоматического определения длины винта на основании найденного расстояния.

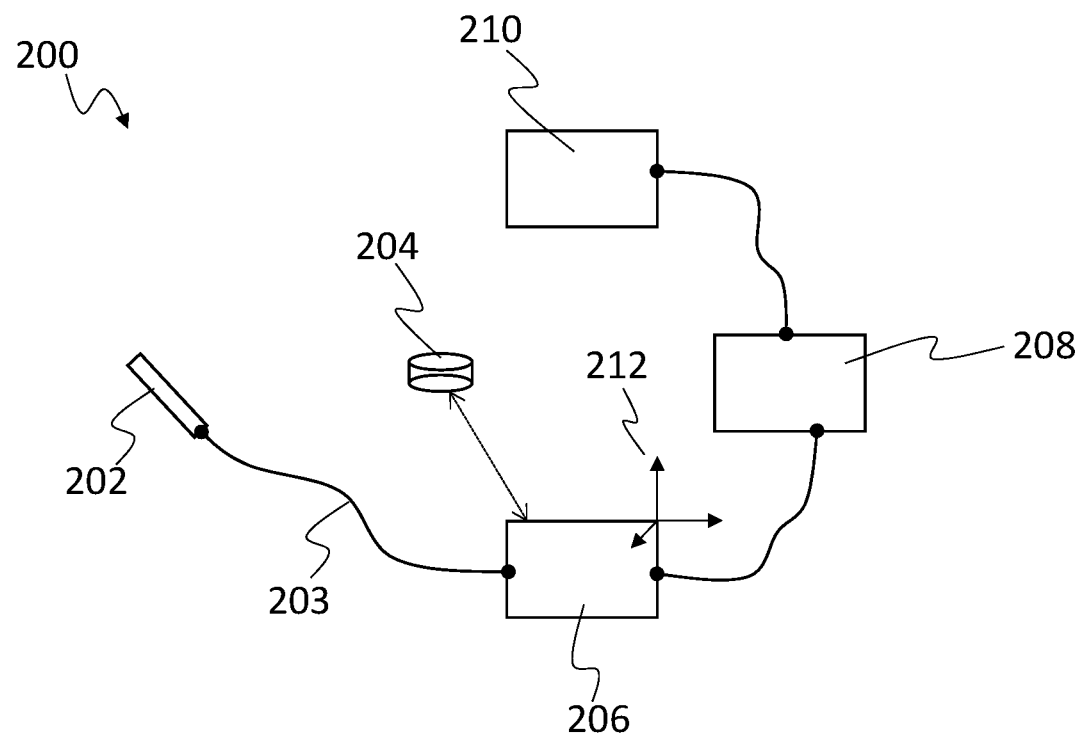
16. Способ по п. 15, содержащий этап присвоения найденной длины винта одному из множества предварительно заданных типов винтов для идентификации винта.

17. Способ по меньшей мере по одному из пп. 13-16, в котором по меньшей мере два локализатора держателя датчиков располагаются вблизи дистальной оконечности держателя датчиков, при этом держатель датчиков содержит по меньшей мере третий локализатор, который располагается на расстоянии от по меньшей мере двух локализаторов в направлении проксимального конца держателя датчиков, причем способ содержит этап вычисления изгиба иглы для доступа с держателем датчиков, расположенным в ее просвете, посредством вычисления угла изгиба, заключенного между по меньшей мере одним из по меньшей мере двух локализаторов и по меньшей мере третьим локализатором, на основании найденных положений и ориентаций локализаторов.

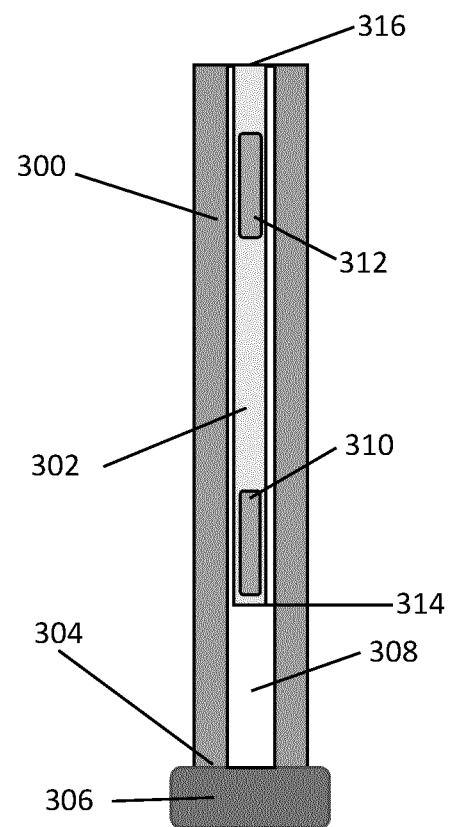
18. Способ по п. 17, содержащий этап визуализацию цифрового представления по меньшей мере части иглы для доступа на мониторе в изогнутом состоянии в соответствии с найденным углом изгиба.



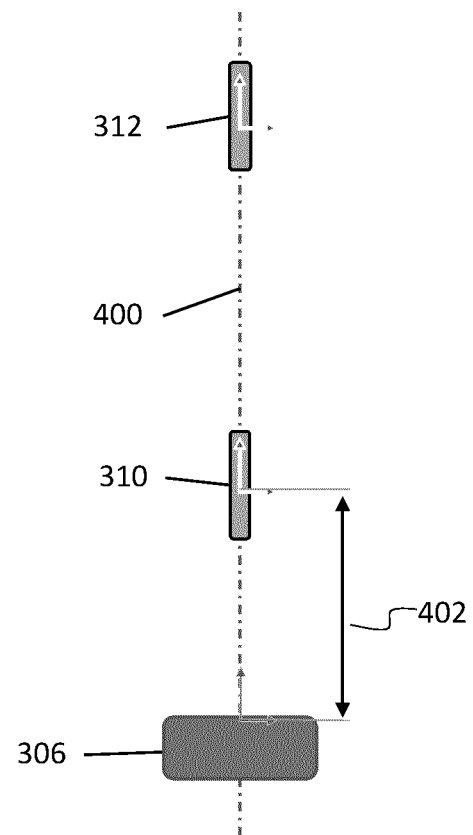
ФИГ. 1



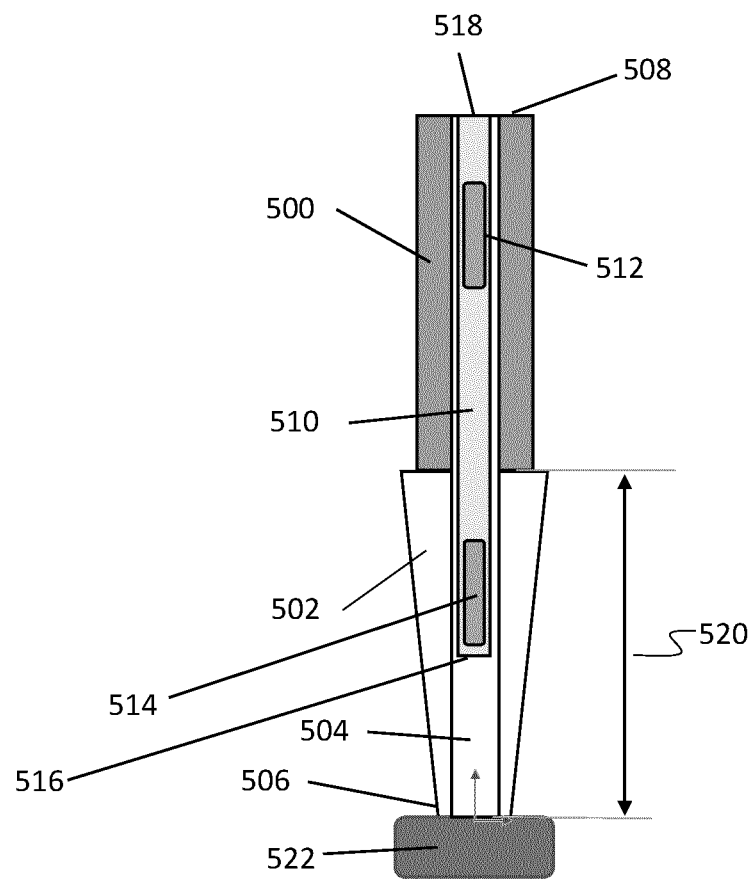
ФИГ. 2



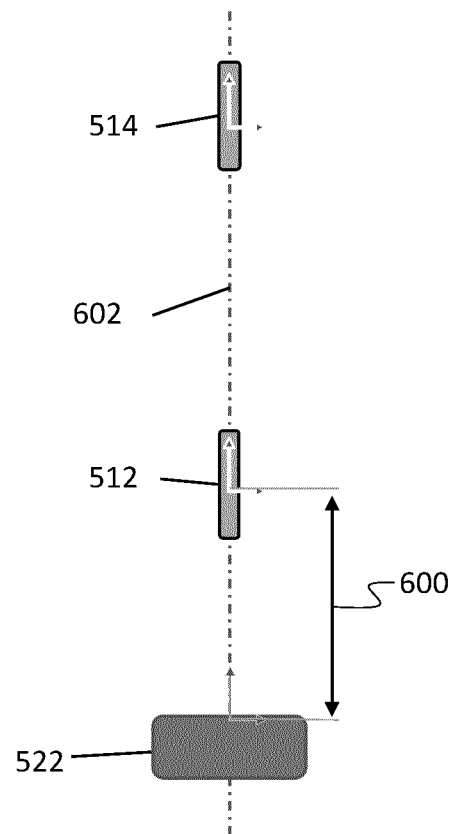
ФИГ. 3



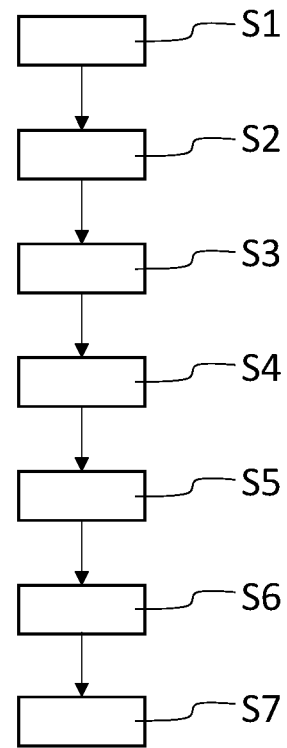
ФИГ. 4



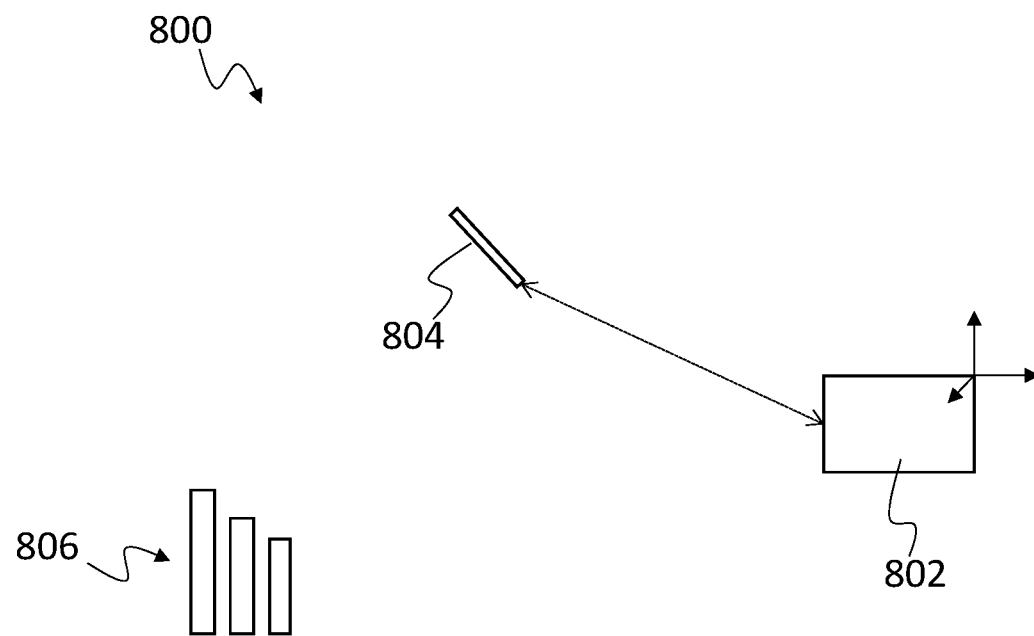
ФИГ. 5



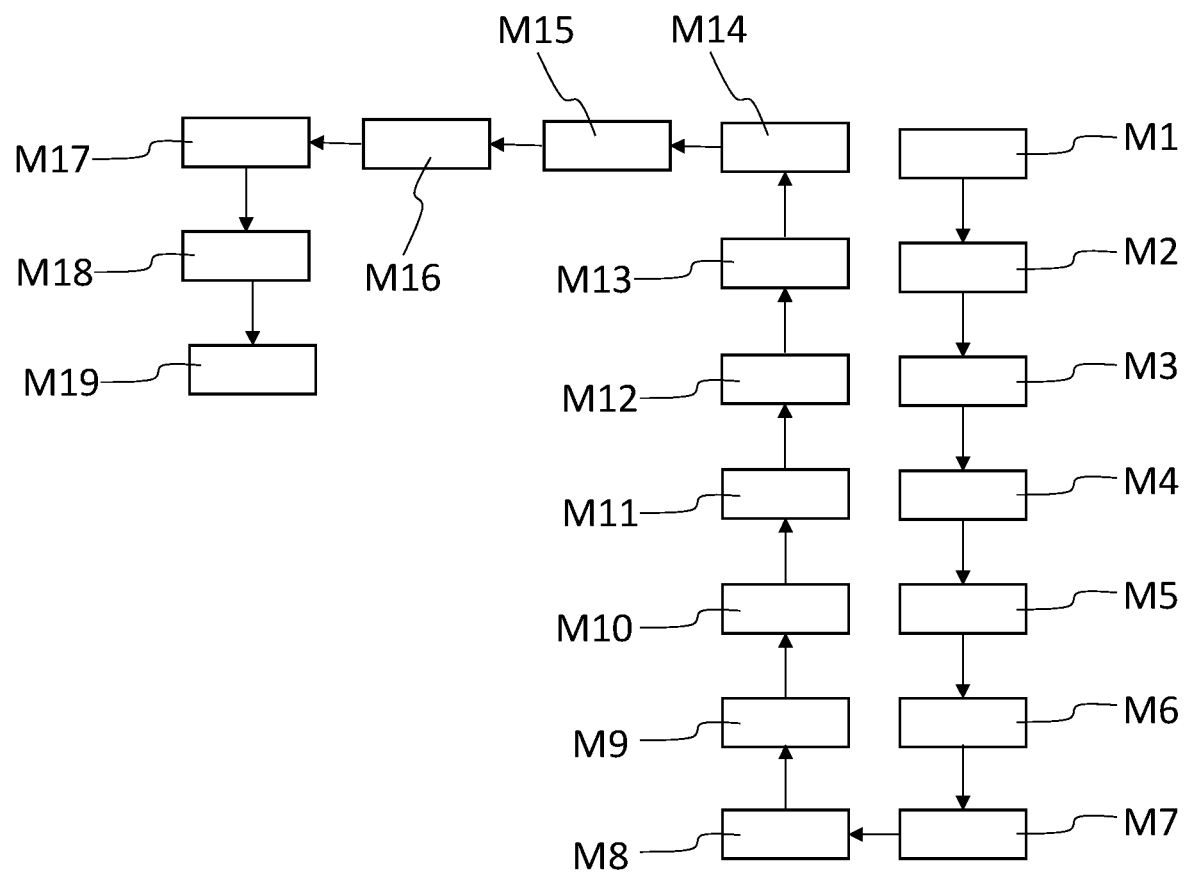
ФИГ. 6



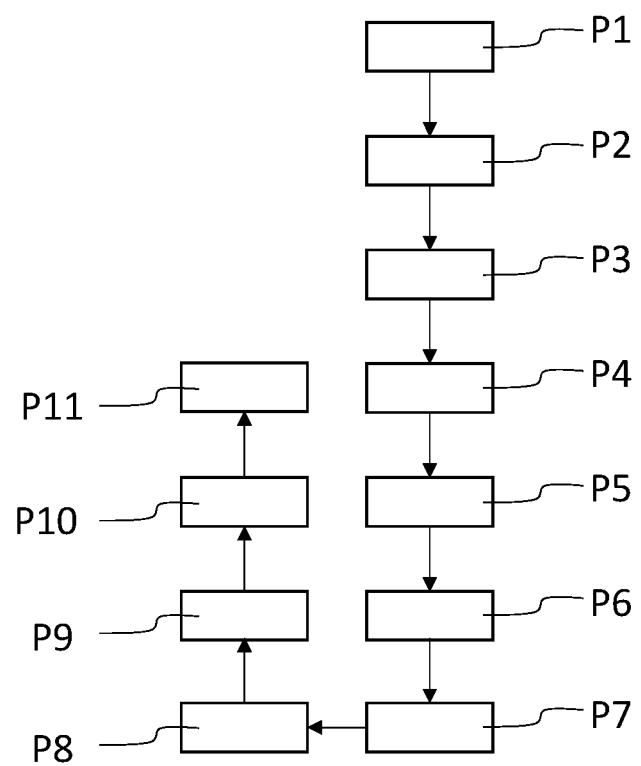
ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10